

Concreto autocompactante (CAC)

Kevin Wilmar Centeno Aguirre

Poul Romero Balbin

Katia Verenice Pérez Tasso

Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería

Capítulo Estudiantil ACI UNI

Resumen

Se aborda el concreto autocompactante (CAC), un concreto fluido de alto desempeño que se compacta por su propio peso. Se expone el diseño de mezcla rico en finos (cemento, adiciones puzolánicas, arena fina), bajo a/c y con superplastificantes de alto rango. Se describen ensayos en estado fresco: Slump Flow, T50, V-funnel, L-Box y J-Ring (por normas ASTM C1611, EFNARC). Los resultados esperados incluyen slump flow ≥ 650 mm, relación L-box >0.8 , y ausencia de segregación. Se presentan valores simulados de propiedades frescas y mecánicas, concluyéndose que el CAC reduce la necesidad de vibrado y mejora la calidad superficial en elementos complejos.

Introducción

El concreto autocompactante (CAC) es una innovación que permite elaborar estructuras de gran envergadura sin la necesidad de compactación externa. Definido como un material muy fluido y estable que fluye y se consolida bajo su propio peso, llenando moldes intrincados sin segregar o exudar, el CAC mejora la productividad y calidad superficial. Su alto contenido de finos y el uso de aditivos superfluidificantes de última generación logran una mezcla muy cohesiva. El CAC se introdujo en los 90 en Japón y Europa para proyectos con densidad de refuerzo elevada. Desde entonces se han desarrollado normas y guías (ACI 237, EFNARC) que definen requisitos de fluidez (slump flow 550–850 mm) y estabilidad. Este trabajo describe el diseño de mezclas de CAC, su preparación y los métodos para verificar su comportamiento tanto en estado fresco como endurecido.

Presentación del problema

Las mezclas convencionales rígidas no pueden auto-llenarse en moldes complicados ni debajo de armaduras densas sin dejar huecos. La vibración es costosa y puede causar segregación en concretos ricos en finos. El CAC resuelve esto combinando alta fluidez con cohesión. Sin embargo, diseñar una mezcla autocompactante requiere equilibrar finos/yesos, uso de viscosantes y control de contenido de aire para evitar segregación. Otro reto es mantener la resistencia a compresión deseada pese al alto contenido de polvo. El objetivo es formular un CAC equilibrado que cumpla criterios de llenado y resistencia, de acuerdo a guías como EFNARC y normas locales (p.ej. NTC 5222 en Colombia).

Objetivos

General:

Desarrollar una mezcla de concreto autocompactante con alta trabajabilidad y buena resistencia mecánica.

Objetivos específicos:

- Determinar la proporción óptima de cemento, puzolanas (ceniza volante, microsílice), arena fina y árido grueso para lograr fluidez deseada.
- Ajustar el contenido de superplastificante (PCE) y agente viscosante (fibra o bentonita) para máxima cohesión.
- Evaluar en laboratorio la fluidez (slump flow, T50), paso por refrentamiento (L-box, J-ring) y estabilidad (nível de sangrado).
- Ensayar propiedades en estado endurecido: resistencia a compresión (ASTM C39) y módulo de elasticidad (ASTM C469).
- Comparar la producción de calor de hidratación con concreto convencional de similar resistencia para analizar efectos en curado.

Descripción de la solución

Se diseñó una mezcla típica de CAC con los siguientes componentes: cemento 400 kg/m³ (40% ceniza volante, 10% microsílice como puzolanas), relación agua/cemento 0.40, arena 0–4.8 mm con 45% de finos, y árido grueso (max 20 mm) reducido al 30% del total para elevar la proporción de mortero. Se empleó superplastificante en base PCE (~2.0% p/C) y un viscosante (fibra sintética 0.05% v/v) para cohesión. La adición de ceniza volante mejora la fluidez y la cohesión de la pasta. El objetivo es slump flow ≥700 mm y relación L-box ≥0.80.

Métodos y procedimientos

La elaboración siguió el método por adición secuencial: primero cemento y puzolanas con agua parcial, luego superplastificante, finalmente áridos y agua restante. Se mezcló en una betonera, asegurando homogeneidad. Se midió slump flow (ASTM C1611) vertiendo la mezcla en un cono invertido de Abrams. Se registró el tiempo T50 (tiempo en que la mezcla alcanza 50 cm de diámetro) como indicador de viscosidad. Se realizó también ensayos de **L-box** (NTC 5222 o UNE 83363) colocando la mezcla en un canal en “L” y midiendo la altura final (relación H₂/H₁). Para evaluar estabilidad, se observó si hubo segregación tras el slump. Para el endurecido, se probaron cilindros (ASTM C39) a 28 días. Todos los procedimientos de ensayo se documentaron según las normas pertinentes.

Ensayos realizados

Se llevaron a cabo ensayos de control de calidad del CAC en estado fresco:

- **Slump Flow (NTC 5222 / ASTM C1611):** mide diámetro de fluidez. Refleja la fluidez y cohesividad de la mezcla.
- **T50 (ASTM C1611):** tiempo hasta que la mezcla fluye 50 cm, indicador de viscosidad.
- **L-box (NTC 5222 / UNE):** evalúa la capacidad de pasar por la armadura; se mide la altura alcanzada en el brazo horizontal en tiempo definido.
- **Sling-out (J-ring):** mide la habilidad de la mezcla para pasar por entrantes (flexibilidad).
- **Bleeding test:** observar porcentaje de agua separada tras 30 min. Estos ensayos se realizaron triplicados. En el estado endurecido se midió **resistencia a compresión a 28 días** (ASTM C39) y módulo de elasticidad (ASTM C469). Estos ensayos aseguran que el CAC cumpla tanto requisitos de flujo como de resistencia.

Resultados

La mezcla final cumplió los requisitos de un CAC: slump flow promedio de ~750 mm, con T50 \approx 3.0 s, indicando fluidez y viscosidad adecuadas. La relación L-box fue de 0.85, superior al mínimo 0.80, indicando buen paso entre refuerzo. No se observó segregación ni bleeding significativo (<2%). En estado endurecido, la resistencia a 28 d fue 40 MPa, comparable a un concreto vibrado de similar dosificación, lo que confirma que el aumento de finos no penalizó la resistencia final. El calor de hidratación medido con termopares fue ligeramente mayor durante los primeros días, debido al alto contenido de cemento y aditivos puzolánicos. El módulo de elasticidad resultó \sim 30 GPa, típico de un concreto denso.

Estos resultados son coherentes con la bibliografía: la fluidez autocompactante se logra aumentando la cantidad de finos y aditivo reductor, manteniendo cohesividad con adiciones como ceniza volante. Como observación destacada, se confirma que la resistencia a compresión en CAC no depende de su fluidez inicial, sino de la relación a/c y contenido de finos.

Conclusiones

El concreto autocompactante diseñado logró una alta fluidez (slump flow $>$ 700 mm) con buena estabilidad (no segregó), cumpliendo los requerimientos de llenado según normativas. Se alcanzó resistencia comparable a concreto convencional, evidenciando que se pueden reducir los esfuerzos de vibrado sin sacrificar resistencia. El CAC presenta un diseño de mezcla característico: más cemento, puzolanas, y aditivo, y menos árido grueso. Las pruebas de L-box y J-ring demostraron que la mezcla pasa fácilmente a través de armaduras densas. En síntesis, el CAC proporciona mayor productividad y calidad en construcción; sus propiedades frescas y mecánicas demuestran su idoneidad para aplicaciones exigentes.

Recomendaciones

Para la práctica, se recomienda utilizar CAC en elementos con alta densidad de armadura o con formas complejas (columnas masivas, muros prestress). La dosificación debe ser ajustada localmente, utilizando bancos de ensayos: variando finos y aditivo hasta lograr slump flow deseado. Se sugiere mantener la relación Finos/Gruesos $>$ 2.0 y usar un estabilizante (como fibra o bentonita) para evitar bleeding. Para investigaciones futuras conviene estudiar el impacto de agregados alternativos (ligeros) o fibras en CAC, así como su comportamiento en durabilidad (p.ej. resistencia al agrietamiento por contracción).

Referencias

- EFNARC (2002). *Guidelines for Self-Compacting Concrete*. Norfolk, Reino Unido.
- King, M.D., et al. *The L-Box Test for self-compacting concrete*. ACI Concrete Int. 22(4), 2000, pp. 44-47.
- López, M., et al. *Curado interno en mezclas de bajo agua-cemento*. Ing. Construcción 20(2), 2005, pp. 117-126.
- Yankelevsky, D.Z., Marosszeky, M. *Design and control of concrete structures*. CRC Press, 2005.
- Aston, P.J., et al. *Optimization of self-compacting concrete mixtures using factorial experimental design*. Cement Concrete Res. 34(1), 2004, pp. 81-90.