

CONCRETO LANZADO PARA EL ARTESANO (CCS-4)

Por Jean-François Dufour y Marc Jolin

Revisión realizada en nombre del Comité de actividades educativas de ACI por:
Comité E703 de ACI

William D. Palmer, Presidente

Scott Anderson
Daniel P. Dorfmueller
Reynold Franklin
Beverly A. Garnatt
Michael G. Hernandez

Katherine M. Martin
Harry Moats
William R. Nasir
William R. Phillips
Thomas R. ...

El presente documento se ha revisado de conformidad con las políticas de publicación del Instituto.
Impreso en los Estados Unidos de América
Primera edición, julio de 2008
Segunda edición, enero de 2012

Copyright © 2008
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
PO Box 9094
Farmington Hills, Michigan 48333

Todos los derechos reservados, incluyendo los de reproducción y uso en cualquier forma o por cualquier medio, la realización de copias por medio de cualquier proceso fotográfico, o con cualquier dispositivo mecánico o electrónico, impreso o por escrito o de forma oral, o la grabación del sonido o reproducción visual o el uso en cualquier dispositivo o sistema de recuperación o de información, a menos que se disponga de la autorización por escrito de los propietarios de los derechos de autor.

El Instituto no es responsable de las afirmaciones u opiniones que se vierten en sus publicaciones. Las publicaciones del Instituto no pueden, ni tienen la intención de, suplantar la formación individual, la responsabilidad o el juicio del usuario o del proveedor sobre la información presentada.

NUMERO DE TARJETA DEL CATÁLOGO DE LA BIBLIOTECA DEL CONGRESO: 2008927337
ISBN: 978-0-87031-276-2

CONCRETO LANZADO PARA EL ARTESANO (CCS-4)

El presente documento formativo para el artesano con concreto lanzado fue preparado por Jean-François Dufour, Presidente del Comité ACI C660, Certificación de Lanzador de Concreto, y Marc Jolin, Secretario de Comité ACI C660, del manual CCS-4 original que desarrollaron Lars Balck, Steven Gebler, Merlyn Isaak, Dudley Morgan y Philip Seabrook. Los autores originales mencionados con anterioridad y los miembros del Comité ACI C660 adicionales, incluyendo Patrick Bridger, Raymond Schallom, Lawrence Totten, Curtis White, George Yoggy y Chris Zynda, que resultaron elementos clave en la mejora y apoyo de este nuevo documento, realizaron la revisión de este documento formativo.

La literatura pertinente para el concreto lanzado del National Spa and Pool Institute (NSPI) y otros documentos de ACI también contribuyeron al desarrollo de este nuevo documento. La contribución activa de Frédéric Gagnon con nuevas ilustraciones gráficas resultó muy beneficiosa. Los autores desearían tanto reconocer como agradecer a todos los miembros del Comité ACI C660 su dedicación a la mejora de las prácticas de concreto lanzado en toda la industria, con un agradecimiento especial para Merlyn Isaak, quien fue presidente del Comité C660 durante el desarrollo y lanzamiento del Programa de Certificación Lanzador de concreto de ACI en 2001.

Prefacio

El objetivo de este documento es comprender la terminología concreta básica y describir e ilustrar cómo colocar adecuadamente concreto lanzado de calidad.

El concreto lanzado es un método de colocar el concreto a gran velocidad sobre una superficie y se emplea principalmente en la construcción de superficies verticales o empinadas. El concreto lanzado permite construir muros y otras estructuras mediante el uso de un formulario de una sola hoja. En algunas situaciones, resulta más barato que el concreto producido de forma convencional. Los depósitos, piscinas, túneles, minas, rocas esculpidas, paredes estructurales, terraplenes para el control de la erosión, muros de contención subterráneos y muros de corte son estructuras típicas que se crean mediante concreto lanzado. Además, en un sinnúmero de reparaciones también se utiliza el proceso del concreto lanzado.

El lanzador de concreto es el operario que normalmente dirige la colocación del concreto lanzado. El lanzador de concreto es responsable de la calidad del concreto lanzado que se coloca y es el miembro más importante de la plantilla que trabaja con el concreto lanzado. El lanzador de concreto debe conocer cómo funciona el equipo, los procedimientos de seguridad y el material que se está colocando.

Aunque el presente cuadernillo va destinado a los lanzadores de concreto, es posible que estos no sean las únicas personas importantes en un proyecto con concreto lanzado. El propietario, ingeniero, contratista, supervisor laboral, capataz y patrulla de trabajo del concreto también son importantes. Únicamente con la cooperación y dedicación de toda persona implicada se podrá finalizar un proyecto con éxito.

La información contenida en el presente documento debe utilizarse como una guía para las buenas prácticas. También es necesario consultar el ACI 506.2, "Specification for Shotcrete," y ACI 506R, "Guide to Shotcrete." Se deben seguir los planes y especificaciones para un proyecto de construcción específico.

Los informes, guías, procedimientos recomendados y comentarios desarrollados por los comités del American Concrete Institute (ACI) tienen como fin orientar en la planeación, diseño, ejecución y supervisión de construcción. Este documento está orientado al uso de individuos competentes para evaluar el significado y limitaciones de su contenido y recomendaciones, quien acepta su responsabilidad en la aplicación del mismo. El ACI se libera de cualquier y todas las responsabilidades derivadas de su contenido. El Instituto no es responsable por pérdidas o daños derivados de su uso.

Los documentos de Concreto Lanzado para el Artesano pueden utilizarse por referencia o mediante su inclusión total dentro de las especificaciones del proyecto. No se deben copiar partes individuales, secciones, artículos o párrafos dentro de las especificaciones del proyecto, pues al sacarlas de su contexto puede cambiar su significado. Si el profesional responsable para diseñar desea incluir algunos apartes de este documento dentro de los documentos contractuales, debe redactarlos de nuevo en lenguaje imperativo.

La versión oficial de un documento del ACI es la versión en el idioma inglés. La traducción de un documento del ACI se hace para la conveniencia de los usuarios. Se han tomado todas las precauciones para asegurarse que la traducción es correcta; sin embargo, ACI no garantiza su exactitud. La interpretación oficial del documento se realizará únicamente sobre su versión en el idioma inglés.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1—LO QUE UN LANZADOR DE CONCRETO DEBE SABER DE CONCRETO	1
1.1—¿Qué es el concreto?.....	1
1.2—Fundamentos del concreto	2
1.2.1—Concreto fresco	2
1.2.2—Trabajabilidad	3
1.2.3—Compactación.....	3
1.2.4—Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento	3
1.2.5—Curado	3
1.2.6—Secado del concreto.....	4
1.2.7—Resistencia	4
1.2.8—Peso unitario (densidad).....	4
1.2.9—Resistencia al congelamiento y al descongelamiento	4
1.2.10—Permeabilidad e impermeabilidad	5
1.2.11—Resistencia a la abrasión.....	5
1.2.12—Contracción.....	5
1.2.13—Control de agrietamiento	5
CAPÍTULO 2—MATERIALES DEL CONCRETO	7
2.1—Cementos.....	7
2.1.1—Cementos portland	7
2.1.2—Tipos de cemento portland	7
2.1.3—Cementos especiales	8
2.1.4—Cementos con aluminato de calcio (CAC).....	8
2.2—Materiales cementantes suplementarios (puzolanas).....	8
2.3—Agregados.....	9
2.3.1—Tamaño máximo de agregado.....	9
2.3.2—Granulometría del agregado.....	9
2.3.3—Materiales dañinos en los agregados.....	10
2.4—Agua para la mezcla	10
2.5—Aditivos químicos	10
2.5.1—Aceleradores del fraguado.....	11
2.5.2—Retardadores del fraguado.....	11
2.5.3—Reductores de agua	11
2.5.4—Superplastificadores (reductores de agua de alto rango).....	11
2.5.5—Aditivos inclusores de aire.....	11
CAPÍTULO 3—PROPORCIONES DE LA MEZCLA	13
3.1—Relación agua-materiales cementantes.....	13
3.2—Proporciones del concreto (aplicado al concreto lanzado)	14
CAPÍTULO 4—¿QUÉ ES EL CONCRETO LANZADO?	17
4.1—Introducción.....	17
4.1.1—Concreto lanzado de mezclado en seco	17
4.2.1—Concreto lanzado de mezclado en húmedo	17
4.1.3—Comparación de los procesos de colocación del concreto lanzado.....	18
CAPÍTULO 5—MATERIALES DEL CONCRETO LANZADO	19
5.1—Concreto lanzado.....	19
5.1.1—Concreto lanzado de mezclado en seco.....	20
5.2.—Concreto lanzado de mezclado en húmedo	20
5.2—Reforzo.....	21
5.2.1—Varillas de refuerzo.....	21
5.2.2—Mallas de alambre soldado.....	21
5.2.3—Fibras de acero y fibras sintéticas	21
CAPÍTULO 6—EQUIPO DEL CONCRETO LANZADO	23
6.1—Colocación del equipo.....	23
6.2—Operación del equipo.....	23
6.3—Equipo: mezclado en seco.....	23
6.3.1—Equipos de una o dos cámaras	23
6.3.2—Equipos rotatorios de alimentación continua	23

CONTENIDO

6.4—Equipo: mezclado en húmedo.....	24
6.5—Compresores de aire.....	25
6.6—Equipo de mezclado.....	25
6.7—Mangueras y boquillas.....	25
6.8—Andamios.....	26
6.9—Equipo auxiliar.....	26
6.9.1—Lanza de aire (soplete de aire).....	26
6.9.2—Pre-humidificadores.....	26
6.9.3—Bombas de agua.....	27
6.9.4—Alumbrado.....	27
6.10—Operación.....	27
6.10.1—Concreto: mezclado en seco.....	27
6.10.2—Concreto: mezclado en húmedo.....	27
CAPÍTULO 7—PREPARACIONES ANTES DE LANZAR EL CONCRETO.....	29
7.1—Superficies de tierra.....	29
7.2—Cimbras.....	29
7.3—Superficies existentes: concreto o mampostería.....	29
7.4—Varillas de acero.....	29
CAPÍTULO 8—PRINCIPIOS Y TÉCNICAS DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO LANZADO.....	31
8.1—General.....	31
8.2—Concreto lanzado: mezclado en seco.....	32
8.3—Concreto lanzado: mezclado en húmedo.....	32
8.4—Superficies horizontales.....	32
8.4.1—Concreto lanzado: mezclado en seco.....	32
8.4.2—Concreto lanzado: mezclado en húmedo.....	33
8.5—Esquinas.....	33
8.6—Superficies verticales.....	33
8.6.1—Concreto enbancado.....	33
8.6.2—Capas verticales.....	34
8.7—Superficies sobre cabeza.....	34
8.8—Recubriendo el acero.....	35
8.9—Responsabilidades de la cuadrilla.....	37
CAPÍTULO 9—COMUNICACIÓN.....	39
CAPÍTULO 10—CONDICIONES DEL AMBIENTE Y PRECAUCIONES.....	41
10.1—Clima frío.....	41
10.2—Clima caliente.....	41
10.3—Viento.....	41
10.4—Agrietamiento causado por contracción plástica.....	41
10.5—Curado.....	42
CAPÍTULO 11—ACABADO Y CONTROL DE TOLERANCIA.....	43
11.1—General.....	43
11.2—Tolerancias.....	43
11.3—Acabado.....	43
CAPÍTULO 12—SEGURIDAD.....	45
12.1—General.....	45
12.2—Equipo.....	45
CAPÍTULO 13—PRUEBAS/CALIDAD.....	47
13.1—Determinando la calidad del concreto lanzado.....	47
13.2—Paneles de prueba.....	47
APÉNDICE A—DEFINICIONES.....	49
APÉNDICE B—DIAGRAMA DEL ÍNDICE DE EVAPORACIÓN.....	51
APÉNDICE C—CALIDAD DE NÚCLEOS.....	53
APÉNDICE D—ELEMENTOS DE UN BUEN CONCRETO LANZADO.....	55
APÉNDICE E—FACTORES DE CONVERSIÓN.....	56

CAPÍTULO 1 — LO QUE UN LANZADOR DE CONCRETO DEBE SABER DE CONCRETO

Parece lógico esperar que el lanzador de concreto sepa los conceptos básicos del concreto. Este trabajador debe saber de qué está hecho el concreto y como se comporta. Los trabajadores del concreto deben conocer las propiedades básicas del concreto y también deben saber las precauciones de seguridad necesarias para protegerse a sí mismos y a sus compañeros de trabajo cuando estén colocando y acabando el concreto.

El entendimiento de los conceptos básicos del concreto ayudará a los trabajadores a producir un mejor concreto. La mayor parte de este manual trata sobre el uso del concreto lanzado, pero muchos de los principios discutidos también aplican a otros tipos de trabajos de concreto.

Por lo tanto, el Capítulo 1 de este manual se trata de las propiedades del concreto fresco y endu-

recido en general. El Capítulo 2 describe varios ingredientes claves de las mezclas de concreto y el Capítulo 3 presenta las proporciones generales de las mezclas. Los Capítulos 4 a 12 pertenecen a la tecnología del Concreto Lanzado e incluyen temas como materiales, equipo, preparaciones antes del lanzamiento, colocación, principios y técnicas, comunicación, condiciones ambientales y precauciones, acabado y controles de tolerancias, seguridad y pruebas de calidad.

1.1— ¿QUÉ ES EL CONCRETO?

El concreto es el material de construcción más ampliamente empleado. Mundialmente, se produce aproximadamente 1 tonelada anualmente por cada habitante. Esto sucede porque el concreto es uno de los materiales de construcción menos costosos y más disponibles. Además, también es fuerte y duradero, resistente al agua y al fuego, y es moldeable a una variedad infinita de tamaños y formas (una ventaja clave del concreto lanzado).

El éxito de la construcción en concreto depende del cumplimiento de la resistencia y de otras propiedades que el diseñador haya especificado cuando se planea la obra. Gran parte de la calidad del concreto depende directamente de los trabajadores en el campo. Debido a que ellos trabajan con él, deben entender algunos factores importantes que afectan las propiedades del concreto.

El concreto es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta está hecha de cemento portland y agua, y funciona como el pegamento que une a los agregados (arena y grava o piedra trituradas) en una masa con apariencia rocosa mediante al endurecimiento de la pasta, debido a la reacción química del cemento con el agua (Fig. 1.1).

El término cemento empleado en esta sección se refiere al cemento portland a menos que se especifique algo diferente (véase la Sección 2.1). En algunas ocasiones las personas emplean el término “cemento” para designar a la mezcla de cemento, agua, y otros agregados, pero esto es técnicamente erróneo; es concreto. Únicamente se puede llamar “cemento” al polvo que pega los agregados.

Los agregados se dividen normalmente en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arena natural o fabricada con partículas que van en tamaño hasta 5 mm (1/4 pulg); agregados gruesos que son aquellas partículas retenidas en la criba de 5 mm (1/4 pulg) y que llegan hasta 150 mm (6 pulg). El tamaño máximo de agregado más común

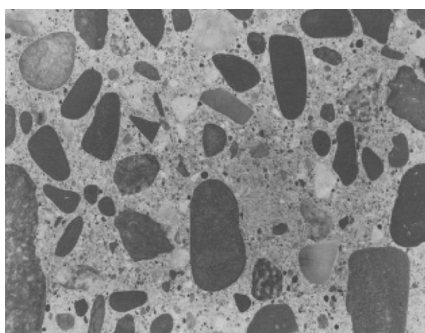


Fig. 1.1—Sección pulida extraída del concreto. La pasta de cemento y agua cubre cada pieza de agregado y llena todos los espacios entre las partículas de agregado (fotografía cortesía de la Asociación de Cemento portland)

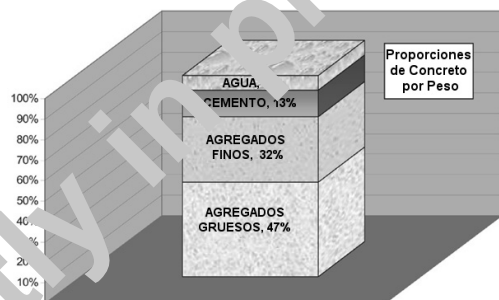


Fig. 1.2—Proporciones por peso de los materiales en una mezcla típica de concreto fresco. En otras mezclas, la cantidad total de agregados puede variar por peso entre 70 a 80 % y el cemento entre 13 a 20%. Las proporciones típicas del concreto lanzado por peso se presentan en la Tabla 3.1.