



Manual de Elaboración de Concreto en Obra



Instituto Costarricense
del Cemento y del Concreto



Manual de Elaboración de Concreto en Obra



Instituto Costarricense
del Cemento y del Concreto

Elaboración

Ing. Sergio Aragón Masís

Con la colaboración en la
primera edición de los ingenieros:

Jorge G. Arias
Roy Bogantes
Eddy Bravo
Luis Cerdas
Fausto Jara
Jorge Milanés
Minor Murillo
Alvaro Poveda
Jorge Solano

Dibujos primera edición:

Sr. Jorge Vargas

Dibujos segunda edición:

Srta. Karla Sanabria, M^a Eugenia Ugalde
y Sr. Jorge Vargas

Diagramación y Diseño:

KS Publicidad Tel. 291-6938

Advertencia

Es responsabilidad de los profesionales realizar los diseños de mezcla óptimos según la particularidad de los proyectos que desarrollen.

El Instituto costarricense del cemento y del concreto (ICCYC) no se hace responsable de la calidad de los concretos elaborados basándose en esta guía, sin profesional responsable; queda bajo el criterio y la supervisión del profesional, la aplicación de las recomendaciones que aparecen en la guía.

Índice

Presentación 4

Capítulo I

Cemento 5

Materias Primas 5

Agregados 6

Aditivos 7

Capítulo II

Elaboración de la mezcla 8

Tabla de dosificación 9

Secuencia de dosificación y
mezclados del concreto 10

Control de agua 11

Mano de obra 11

Prueba de Control 12

Capítulo III

Colocación, Compactación
y Curado 16

Colocación 16

Compactación 17

Vibración 17

Curado 18

Bibliografía

Presentación

El Instituto costarricense del cemento y del concreto, ICCYC, ofrece este manual a profesionales de la construcción (ingenieros y arquitectos), así como a estudiantes, maestros de obra, técnicos y encargados de obra de la industria de la construcción, como una herramienta para obtener mayor durabilidad y calidad en los concretos que elaboren.

En noviembre del año 2005, se tuvo la primera edición de este documento, pero ante la buena aceptación del mismo, ha sido necesario realizar la segunda edición en menos de un año, en la cual se introdujeron algunos datos técnicos extra, se aclaran algunos conceptos y se incorporan cambios de formato con respecto a la primera edición.

Investigaciones recientes han evidenciado una divergencia entre las

especificaciones técnicas que se establecen en planos o códigos y la realidad de los concretos elaborados en obras menores; es por ello que el ICCYC ha decidido trabajar en pro de mejorar la calidad de esos concretos.

Este manual se encuentra enfocado a la fabricación de concretos en obras pequeñas, como casas de habitación u obras con áreas menores a 300 m² y de uno o dos pisos de altura, con elementos estructurales, en donde se especifiquen resistencias de concreto por diseño de 210 kg/cm².

Esperamos que este esfuerzo del ICCYC sea de utilidad para todas las personas que laboran en la industria de la construcción, al suplirles información sencilla, que aumente su conocimiento en cuanto a un mejor uso del cemento y del concreto

Ing. Irene Campos Gómez
Directora General
Octubre de 2006

Capítulo I

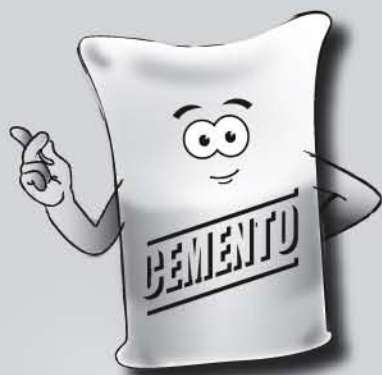
Materias Primas

Cemento:

Para el tipo de elementos estructurales presentes en casas de habitación de menos de 300 m² y de uno o dos pisos de altura, es generalmente suficiente la utilización de cementos de “uso general” UG (RTCR-383), aunque también pueden utilizarse otros tipos de cemento disponibles en el mercado, de acuerdo con necesidades especiales.

Este tipo de cemento se distingue comercialmente por la rotulación impresa en el exterior de la bolsa, en donde, según la norma de cementos RTCR-383, debe presentarse la siguiente información:

- El término “CEMENTO”
- El tipo de cemento; para este caso, las siglas “UG”
- La resistencia a los 28 días, en megapascales (MPa)
- La aplicación recomendada
- La lista de componentes
- El contenido neto del producto
- El nombre y la dirección del fabricante
- Advertencia de que el cemento puede ser un material peligroso



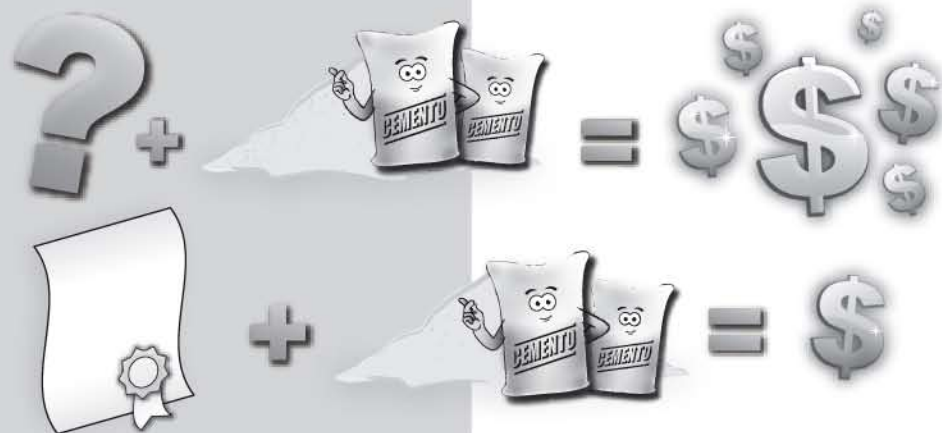
El cemento Portland es un material sensible a la humedad; si se mantiene seco, mantendrá su calidad por largo tiempo.

- La humedad relativa, dentro del almacén o cobertizo empleado para almacenar los sacos de cemento, debe ser la menor posible.
- Deben cerrarse todas las grietas o aberturas en techos y paredes del almacén o cobertizo.
- Los sacos de cemento no deben almacenarse sobre pisos húmedos, sino que deben descansar sobre tarimas, separadas del suelo por al menos 20 cm.
- Los sacos deben apilarse juntos para reducir la circulación de aire, pero nunca contra las paredes que den al exterior.
- Los sacos deben cubrirse con mantas o con alguna cubierta impermeable.
- Los sacos deben almacenarse de manera tal que los primeros sacos en entrar sean los primeros en salir.
- El cemento que se ha almacenado durante períodos prolongados puede sufrir lo que se ha denominado “compactación de bodega”. Lo cual se puede corregir al rodar los sacos en una superficie dura, si el cemento se suelta, se puede utilizar.
- Debe evitarse que se superpongan más de 14 sacos, si el período de almacenamiento es menor a 60 días; si el período es mayor, no deben superponerse más de 7 sacos.⁽¹⁾

Agregados:

Es de suma importancia obtener agregados de buena calidad, si se quiere obtener concretos que cumplan con las especificaciones.

El constructor debe solicitar, al momento de adquirir los materiales, un certificado de calidad, para asegurarse una materia prima adecuada para la fabricación del concreto.



Agregados de baja calidad, que generalmente se obtienen a un precio menor, significan un aumento en el precio de la mezcla de concreto porque, para obtener concretos que cumplan con las especificaciones, sería necesario adicionar más cemento del que se necesita para agregados certificados; esto implica que no es económico utilizar agregados de baja calidad.

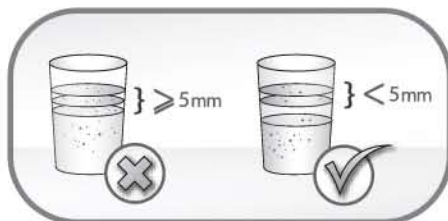
Agregado fino (arena)

El agregado fino (arena) es aquel que pasa a través de un tamiz o malla No.4 (4,75 mm). Este agregado debe estar limpio y libre de materia extraña, como residuos de arcilla o materia orgánica, para evitar problemas

de endurecimiento. También, el contenido de materia fina o polvos (limos) debe ser mínimo pues, de lo contrario, la mezcla requerirá más cantidad de cemento y se encarecerá; además evitará que las partículas de agregado queden bien cubiertas de pasta, lo que produciría una disminución de la resistencia. ⁽⁴⁾

Una prueba sencilla, para ver si el contenido de limos de una arena es aceptable, es colocar unos cinco centímetros de arena en un frasco de vidrio,

llenarlo luego con agua hasta unas tres cuartas partes del recipiente y batirlo por un minuto. Luego, se deja descansar por una hora; se inspecciona y, si se forma una capa de limos sobre la superficie mayor a 5 mm, entonces la arena está demasiado sucia para utilizarse. ⁽⁴⁾



La arena para concreto no debe ser demasiado fina; debe evitarse el uso de la arena para la elaboración de morteros como agregado fino para hacer una mezcla de concreto.

Otro aspecto que debe considerarse es la humedad que contiene la arena, a la hora de usarse. La cantidad de agua en una mezcla, y su relación con la cantidad de cemento, determinarán la resistencia y el comportamiento de ésta, una vez fraguada.

Si no se considera el contenido de agua que tienen los agregados, esta diferencia afectará el contenido total de agua en la mezcla se obtendrán resistencias y comportamientos diferentes a los esperados. Si la arena está demasiado húmeda, debe agregarse menos agua a la mezcla y, por el contrario, si está demasiado seca, debe agregarse más agua, para que la cantidad que absorban los agregados no vaya a alterar la relación agua/cemento buscada. ⁽⁴⁾

Agregado grueso

El agregado grueso es aquel cuyo tamaño varía entre 6 mm y 38 mm de diámetro o longitud máxima. Debe ser duro, limpio y estar libre de tierra o materia orgánica.

El agregado se compra en diferentes tamaños, dependiendo del tipo de obra en la que va a emplearse. No todos los proveedores de agregado tienen de todos los tamaños; solo los más usados. El tamaño máximo de agregado puede ser de 38 mm. Ese tamaño se usa, por lo general, para cimientos.

Sin embargo, para paredes, el tamaño máximo no debe exceder $\frac{1}{5}$ del espesor de la sección de pared terminada. Para losas, el tamaño máximo debe ser aproximadamente $\frac{1}{3}$ del espesor de la losa. El tamaño máximo del agregado nunca debe exceder $\frac{3}{4}$ del ancho del espacio más angosto a través del cual debe pasar el concreto.

Por lo general, el espacio que se menciona corresponde al espacio entre

varillas de refuerzo o entre las varillas de refuerzo y la formaleta. Al emplearse el tamaño máximo de agregado permitido según el tipo de obra, dará como resultado un concreto que se encogerá menos al fraguar y que resultará más económico. ⁽⁴⁾

Almacenamiento

Los apilamientos de agregados deben realizarse adecuadamente para evitar su segregación y mezcla. Asimismo, hay que tener cuidado con la zona bajo el apilamiento cuando los agregados se encuentren en contacto directo con el terreno, para evitar posibles contaminaciones.

Debe utilizarse una lona o plástico negro para cubrir los agregados y evitar que queden expuestos a la intemperie.

Los apilamientos deben estar separados y no permitir que existan mezclas entre ellos.

Es muy importante que los agregados gruesos se mantengan húmedos, mediante rociado, hasta que se utilicen.



Aditivos:

Los aditivos para el concreto mezclado en obra son productos, generalmente líquidos, que se adicionan durante el proceso de mezclado; su función es mejorar una o varias propiedades del concreto, como es dar mayor plasticidad o "trabajabilidad" al concreto en estado fresco.

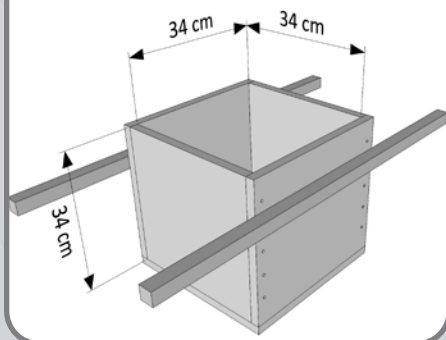
Este beneficio hace que pueda obtenerse mayor fluidez de la mezcla, sin la necesidad de agregar agua adicional, lo que generaría una menor resistencia y concretos menos densos y más permeables. Cabe recordar que el exceso de agua en la

mezcla es el enemigo número uno del concreto.

Asimismo, si se requiere acelerar o retardar la ganancia de resistencia del concreto, existen aditivos que, dosificados adecuadamente, permiten cumplir con este tipo de necesidades en la obra. Es importante consultar siempre la hoja técnica de estos aditivos, antes de utilizarlos.

A pesar de todas estas especificaciones, debe tenerse presente que ningún aditivo, de ningún tipo ni en cualquier cantidad, podrá considerarse como sustituto de una práctica correcta de mezclado y colocación del concreto.

Las medidas mostradas son internas



Capítulo II

Elaboración de la Mezcla

A) Tablas de dosificación

Las cuatro variables que se consideran al hacer una mezcla de concreto son: la relación agua/cemento, el contenido de cemento (relación cemento-agregado), la distribución granulométrica de los agregados, y la consistencia de la mezcla fresca⁽⁴⁾ (deben obtenerse consistencias que garanticen entre 80 mm y 120 mm, en la prueba del cono).

En general, todas estas variables están interrelacionadas y, por ende, no pueden escogerse o manipularse arbitrariamente. Lo común es especificar dos o tres de estos factores; los demás se ajustan para dar la mayor economía y "trabajabilidad" posibles.

A nivel nacional, es común la práctica de dosificar por volumen. Esto se logra empleando un cajón de madera de dimensiones tales que en él quepa el contenido de un saco de cemento. Se recomienda uno en el que se acomode un saco de 50 kg (Cajón de 34 cm x 34 cm x 34 cm).

Tanto la piedra como la arena se miden usando este cajón. Sin embargo, la recomendación se hace para agregados secos. La arena, según el contenido de humedad, aumenta su volumen hasta 1,4 veces de su equivalente seco.

Esto indica que, a menos que se tome esta situación en cuenta, se estaría agregando menos arena de la necesaria a una mezcla, al emplear el método de dosificación por volumen.⁽⁴⁾

Otra opción es la dosificación con cubeta

(balde de 19 litros = 5 galones); en este caso, un saco de cemento de 50 kg equivale a 2 cubetas. Con esta medida, también puede dosificarse por volumen, con las recomendaciones arriba citadas.

Una buena práctica, en la construcción, es que la cuadrilla de elaboración del concreto, tenga siempre a la vista la tabla de dosificaciones por emplear en la obra; se recomienda que esta "receta", correspondiente a los diseños de mezcla

elaborados por el profesional a cargo, esté colocada en un lugar visible y tenga alguna protección plástica, para evitar que las condiciones climáticas la destruyan.

A continuación se presentan proporciones de dosificaciones probadas en laboratorio, de algunos agregados de uso general en nuestro país, y del cemento de uso general, para obtener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², a los 28 días.

Tabla 1. Dosificaciones recomendadas para proporciones medidas con cajón (34 cm x 34 cm x 34 cm)

CEMENTO		ARENA		AGREGADO GRUESO		AGUA
Tipo	1 saco (50 kg)	Tipo	Cant. (cajones)	Tipo	Cant. (cajones)	Cubeta 19 litros
UG	1	Río	3	19 mm Río	2½	1½
UG	1	Río	2½	16 mm Río	3	1½
UG	1	Tajo	1½	25 mm Cantera	2	1½
UG	1	Río	2	25 mm Cantera	2	1½
UG	1	Cantera	2	25 mm Cantera	2	1½
UG	1	Cantera	1¾	12 mm Cantera	2	1½
UG	1	Tajo	2	25 mm Tajo	2	1½

Notas:

- Cemento UG: Cemento de uso general
- Para el agregado grueso se indica el tamaño máximo
- En caso de necesitarse un poco más de agua, puede adicionarse hasta media cubeta, para un máximo de 2 cubetas de 19 litros (5 galones)

Tabla 2. Dosificaciones recomendadas para proporciones medidas con cubetas de 19 litros (5 galones)

CEMENTO		ARENA		AGREGADO GRUESO		AGUA
Tipo	1 saco (50 kg)	Tipo	Cant. (cubetas)	Tipo	Cant. (cubetas)	Cubeta 19 litros
UG	1	Río	6	19 mm Río	5	1½
UG	1	Río	5	16 mm Río	6	1½
UG	1	Tajo	3	25 mm Cantera	4	1½
UG	1	Río	4	25 mm Cantera	4	1½
UG	1	Cantera	4	25 mm Cantera	4	1½
UG	1	Cantera	3½	12 mm Cantera	4	1½
UG	1	Tajo	4	25 mm Tajo	4	1½

Notas:

- Cemento UG: Cemento de uso general
- Para el agregado grueso se indica el tamaño máximo
- En caso de necesitarse un poco más de agua, puede adicionarse hasta media cubeta, para un máximo de 2 cubetas de 19 litros (5 galones)

B) Secuencia de dosificación y mezclado del concreto

La dosificación es el proceso de medida, por peso o por volumen, de los ingredientes del concreto y su introducción en la batidora. Para producir un concreto de calidad uniforme, los ingredientes deben medirse con precisión para cada batida (“bachada”). (2)



Recomendaciones para la elaboración de una mezcla:

1. Curar el tambor, por 2 minutos, con un kilo de arena y un kilo de cemento.
2. Agregar la grava y después la arena; mezclar por 30 segundos.
3. Agregar el cemento y homogenizar, por 1 minuto.
4. Adicionar agua y mezclar por 3 minutos.
5. Detener el proceso cuando la mezcla tenga un color uniforme.



No debe sobremezclarse, pues los agregados pueden quebrarse y segregarse, lo que afecta la calidad de la mezcla endurecida.

La mezcla se vierte luego sobre los carretillos o en una batea limpia.

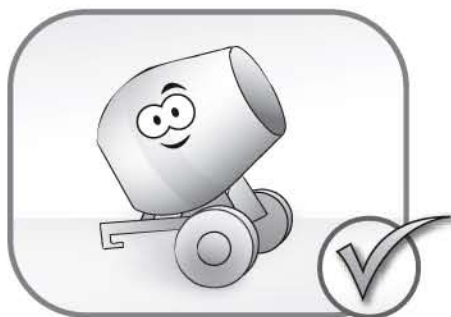
Todo concreto debe mezclarse

completamente hasta que tenga una apariencia uniforme, con todos sus ingredientes bien distribuidos. Las batidoras no deben sobrecargarse y deben operarse a la velocidad de mezclado recomendada por el fabricante (generalmente de 32 a 35 revoluciones por minuto, para batidoras de 1, 1¹/₂, y 2 sacos de capacidad).

Se recomienda que, para todos los elementos estructurales, el proceso de mezclado se efectúe con batidora. Las investigaciones han demostrado que el concreto elaborado a mano, o “a pala”, en la construcción de obras en nuestro país, no alcanza las resistencias mínimas especificadas.

Tiempo de mezclado

En la obra existe, muchas veces, tendencia a mezclar el concreto tan rápidamente como sea posible, y es importante, por ello, conocer cuál es el tiempo mínimo de mezclado necesario para producir un concreto de composición uniforme y, como resultado, de resistencia satisfactoria. Este tiempo varía con el tipo de mezcladora y, hablando estrictamente, no es el tiempo de mezclado sino el número de revoluciones de la mezcladora lo que constituye el criterio de mezclado adecuado.



Generalmente, de 20 a 35 revoluciones o vueltas completas al trompo, son suficientes. El número de revoluciones y el tiempo de mezclado son interdependientes,

pues hay una velocidad óptima de rotación que recomienda el fabricante de la mezcladora.⁽³⁾ Se recomienda que todo el proceso (medida de los ingredientes, cargado en la batidora, mezclado y descarga) dure entre 4 y 6 minutos.

C) Control de agua

Prácticamente cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor puede usarse como agua de mezcla, para la preparación del concreto ⁽²⁾; debe estar limpia, libre de aceites, ácidos o materia orgánica. No es conveniente usar agua de mar en la preparación de concretos, ya que esta contiene sales dañinas.



El principal enemigo de la calidad del concreto, elaborado en obra, es el exceso de agua.

Relación agua/cemento

La resistencia es el indicador de la calidad del concreto más universalmente utilizado. Dentro del rango de resistencias usadas para obras menores en nuestro país, la resistencia es inversamente proporcional a la relación agua-cemento. ⁽²⁾

La relación agua-cemento es simplemente la masa de agua dividida por la masa de cemento; esta relación debe ser el menor valor posible para obtener la "trabajabilidad" deseada.

Por ejemplo, para las proporciones recomendadas en las tablas anteriores, las relaciones agua / cemento (a/c), varían

entre 0,50 a 0,70; este es un rango promedio para obtener concretos con resistencia de 210 kg/cm².

Consejos prácticos para el agua de dosificación

El profesional a cargo de la obra debe indicarles al maestro de obras y a la cuadrilla de elaboración la medida, en litros, del agua de dosificación, por batida. Debe de existir una cubeta exclusiva para el agua de dosificación con una marca que indique el volumen especificado. Esta cubeta debe mantenerse limpia y no tener fisuras.

No es conveniente adicionar agua a la batida directamente desde la manguera, o sin ningún tipo de control en la medida.

Una práctica nociva y común, en nuestro medio, es la elaboración de mezclas muy fluidas, mediante la adición, en exceso, de agua de dosificación, con el fin de chorrear con comodidad elementos de difícil compactación del concreto, tales como columnas esbeltas con pequeños espacios entre las barras de acero. Para evitar bajas calidades del concreto, en estos elementos, existen alternativas para obtener un adecuado acomodo del concreto, sin sacrificar la resistencia, como son: la utilización del vibrador, el empleo de piedra quintilla como agregado grueso, el uso de algún aditivo fluidificante, o el chorreado por partes (1,5 m de altura máximo) en las columnas.

D) Mano de obra

Debe de existir una cuadrilla de elaboración del concreto formada por obreros especialmente preparados para este fin. No es recomendable rotar a los obreros para realizar estas labores; por el contrario, esta cuadrilla debe de mantener una continuidad, de tal manera que los obreros desarrollen las habilidades necesarias para obtener calidades de concreto óptimas.

Esta cuadrilla se convierte en una cuadrilla especializada en la elaboración del concreto en obra, sus miembros deben poseer conocimiento pleno de aspectos mínimos necesarios, tales como: reconocimiento y aplicación eficaz de calidades de agregados, conocimiento de medidas de seguridad y de almacenamiento de materias primas, elección de tipos de cemento de acuerdo con su aplicación, manejo del equipo, metodología de la dosificación y mezclado, muestreo y pruebas de concreto en fresco.

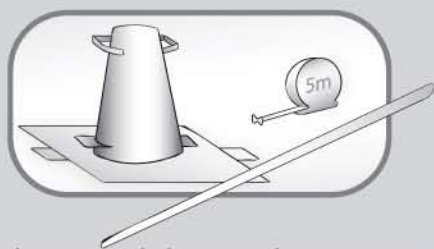
E) Pruebas de control

Una manera sencilla y eficaz de tener control, en la obra, de una mezcla en estado fresco, es tener disponible un equipo para medir su consistencia (revenimiento).

Revenimiento

Manera correcta de realizar la medida de la consistencia de la mezcla con el cono de Abrams⁽¹⁾. Ver norma ASTM C143

Equipo: cono de Abrams, placa, varilla metálica lisa número 5 (16 mm de diámetro) y de 60 cm de longitud con extremo redondeado, cinta métrica.



En la mayoría de los casos, la aceptación de un concreto depende de una variación de dos a tres centímetros en el asentamiento obtenido con el cono de Abrams. Esta variación puede deberse a una ejecución incorrecta del ensayo.

Para los concretos fabricados en obras pequeñas (casas de habitación de menos

de 300 m² y de uno o dos pisos de altura), con resistencias promedio normales de 210 kg/cm² o 280 kg/cm², preparados sin la utilización de aditivos, se recomienda obtener revenimientos de entre 80 mm y 120 mm, medidos con el cono de Abrams.

Toma de muestras

Si el ensayo se realiza para determinar la aceptabilidad del concreto preparado, las muestras no deben tomarse ni al inicio ni al final de la descarga de la batidora.

Cada muestra deberá contener una cantidad de concreto por lo menos algo mayor del doble de la necesaria para hacer el ensayo, y se volverá a mezclar en una carretilla, antes de realizarlo. Medio carretillo es suficiente para realizar una prueba.

Ejecución de la prueba (Ver Figura)

1° Colocar el cono sobre una bandeja o chapa rígida no absorbente (placa)(Fig.B)

Humedézcase el interior del cono y colóquese sobre la placa, la cual debe ser una superficie plana, horizontal, firme, no adsorbente, y también humedecida, cuya área sea superior a la de la base del cono.

Cuando se coloque el concreto, manténgase el cono firmemente sujeto en su posición mediante las aletas o ménsulas inferiores.

2° Llenar el cono en tres capas de igual volumen (Fig. B-C-D)

Llénese el cono hasta 1/3 de su volumen y compáctese con una varilla metálica número 5 (16 milímetros de diámetro), de 60 centímetros de longitud y de extremo redondeado, dando 25 golpes, repartidos uniformemente, por toda la superficie; puede seguirse un patrón de golpes en forma de espiral, de afuera hacia el centro.

Llénese el cono con la segunda capa hasta $2/3$ de su volumen y compáctese esta capa con 25 golpes, uniformemente repartidos, por la superficie del concreto, cuidando de que la barra penetre ligeramente en la capa anterior y se rellenen todos los huecos.

Llénese el cono, de forma que haya un ligero exceso de concreto, y luego compáctese esta última capa con 25 golpes, distribuidos uniformemente, y cuidando de que la barra penetre ligeramente en la capa anterior y se rellenen todos los huecos.

3° Retirar el exceso de concreto y emparejar (Fig. E-F)

Empareje la superficie de la capa superior mediante el enrase y rodamiento de la varilla de apisonamiento.

Quitase el concreto que haya caído alrededor de la base del cono.

4° Sacar el molde cónico con cuidado (Fig. G)

Sáquese el molde, levantándolo con cuidado, en dirección vertical: el movimiento debe ser limpio hacia arriba, debe durar entre 3 y 7 segundos y debe evitarse acomodar el concreto con el cono.

No se mueva nunca el concreto en este momento.

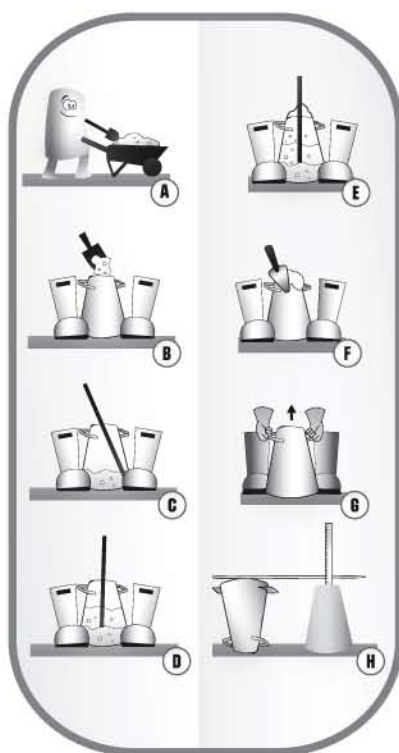
Desde el inicio de llenado del molde hasta el levantamiento del mismo, el procedimiento debe realizarse en menos de dos y medio minutos.

5° Medida del asentamiento (Fig. H)

Mídase el asentamiento como se indica en la figura

Si la superficie del cono es irregular, el

índice de consistencia se determina midiendo la diferencia entre la altura del molde y el centro original desplazado de la superficie superior del espécimen, después del ensayo.



Advertencia

Realizar tres ensayos para obtener la determinación de la consistencia.

No utilizar el concreto usado en el cono para fabricar cilindros destinados al ensayo de resistencia.

Tabla 3. Asentamiento mediante el cono de Abrams

Consistencia	Asiento en el cono de Abrams en mm	Tolerancia (mm)
Seca (S)	0 – 20	0
Plástica (P)	30 – 50	+ -1
Blanda (B)	60 – 90	+ -1
Fluida (F)	100 – 150	+ -2
Líquida (L)*	> 150	0

(*) Esta consistencia sólo debe conseguirse mediante la utilización de aditivos superfluidificantes.

Fabricación de cilindros de concreto para realizar pruebas de resistencia a la compresión del concreto⁽¹⁾. Ver norma ASTM C31

Solamente puede garantizarse la resistencia del concreto si los cilindros se fabrican y curan de acuerdo con los métodos normalizados.

Los ensayos de compresión del concreto se efectúan para determinar su resistencia. Si se permite que varíen las condiciones de curado, toma de muestras y métodos de llenado y acabado de los cilindros, los resultados obtenidos carecen de valor, porque no puede determinarse si una resistencia baja es debida a una mala calidad del concreto o a una confección defectuosa de los cilindros.

Para obtener resultados dignos de confianza deberán seguirse las siguientes reglas:

1° Usar solamente moldes no adsorbentes

Se utilizarán moldes no adsorbentes ni deformables, de 15 cm de diámetro interior, por 30 cm de altura.

Antes de llenarlos, los moldes deberán colocarse sobre una superficie lisa, dura y horizontal.



Es obligatorio hacer un mínimo de tres cilindros por cada mezcla cuya resistencia se controle a los 28 días. En el caso de que se ensayen cilindros a otras edades (normalmente 3 ó 7 días), es muy conveniente fabricar más de un cilindro por edad y mezclado de control.

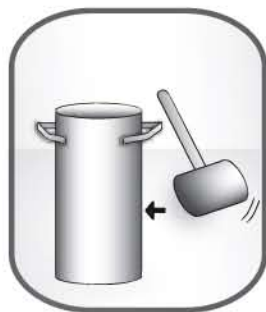
2° Toma de muestras

Antes de llenar los moldes, las muestras deberán ser completamente remezcladas en una batea grande, carretilla u otra superficie de trabajo limpia y no adsorbente.

3° Si los moldes se compactan mediante varillado, llenarlos en tres capas de igual volumen y compactar cada capa con una varilla metálica lisa número 5 (16 mm de diámetro), de 60 cm de longitud y de extremo redondeado, hasta su total compactación, dando 25 golpes a cada capa.

Todos los moldes se llenarán uniformemente; es decir, se colocará y compactará la primera capa en todos ellos, después la segunda capa en todos, etc.

La tercera capa contendrá un exceso de concreto.



Cada capa deberá ser varillada uniformemente con una barra metálica de 16 mm de diámetro, con un extremo en forma semiesférica. Los golpes deberán

producirse de tal forma, que la capa que esté compactándose penetre ligeramente, en la capa subyacente. Además, a cada capa se le deben dar de 12 a 15 golpes ligeros, por la parte exterior del cilindro, y distribuidos a su alrededor, con un mazo de hule.

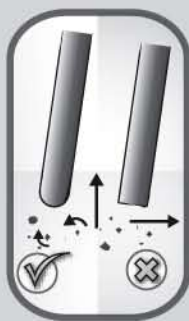
Después de la compactación, se procederá a retirar el concreto sobrante, se allana su superficie, manipulándose lo menos posible, para dejar la cara lisa, de forma tal que cumpla con el acabado requerido.



4° Utilizar una barra con punta redondeada

La finalidad de varillar el concreto en los moldes, con una barra, es la de compactarlo y liberarlo de huecos de aire que reducen la resistencia.

Hay muchas personas que se valen para ello de una varilla de acero para la construcción, que está siempre a mano. Otros se limitan exclusivamente a golpear el molde. Se ha comprobado que la barra de punta semiesférica, de 16 mm de diámetro, hace mejor el trabajo, por dos razones:



a. Se desliza entre los áridos en vez de empujarlos, como lo hace una varilla de punta roma, con lo cual deja espacios libres al retirarse. Como se ve en la figura.

b. Al retirar la barra del concreto, este debe cerrarse suavemente tras ella. La punta redondeada facilita esto, en tanto que una punta de forma plana o irregular actúa como se ve en la figura.

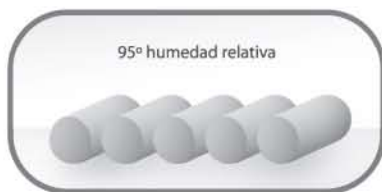
5° Dejar los cilindros sin desmoldar 24 horas, a una temperatura entre 16°C y 27°C

Los cilindros se dejarán, sin tocarlos, hasta que se hayan endurecido lo suficiente para resistir el manejo; esto debe hacerse por lo menos durante 24 horas después de su confección.

La parte superior deberá quedar tapada con una bolsa plástica o un material análogo para que no haya pérdida de humedad.

La temperatura no deberá ser inferior a los 16°C ni superior a los 27°C en el sitio en que se guarden los cilindros, preferiblemente bajo techo. Los cilindros que se dejen en la obra durante varios días, a temperaturas más bajas o más altas, darán resultados erróneos, a menos que estén cuidadosamente protegidos. El tiempo máximo de permanencia en la obra de los cilindros será de cuarenta y ocho horas, salvo excepciones justificadas.

6° Curar y manejar cuidadosamente los cilindros



Una vez transcurridas al menos 24 horas desde su confección, se desmoldarán los cilindros y se colocarán en un ambiente de saturación (95% de humedad relativa) o sumergidos en agua, a una temperatura de 23° +/- 2°C; también pueden enviarse a un

Capítulo III

Colocación, Compactación y Curado

Se tendrá mucho cuidado en el manejo de los cilindros, ya que los que se dejen mover, durante el transporte hacia el laboratorio, o al ir “bailando”, en una furgoneta, pueden sufrir un daño considerable. Como elemento de amortiguación se usará aserrín, una cama de arena u otro material acojinado y adecuado.

Un cilindro de concreto rara vez parece muy importante cuando se está haciendo; pero, si más tarde hay dificultades o problemas en la obra, llega a ser, inmediatamente, un factor básico, tanto si la obra es de cientos de miles como de millones de colones.



El hecho de que un concreto haya sido correctamente dosificado y tenga la consistencia adecuada, no es razón suficiente para no extremar los cuidados durante la colocación en la obra.

A) Colocación ⁽¹⁾

Un buen proceso de colocación debe evitar que se produzca la segregación y conseguir que la mezcla llene perfectamente todas las esquinas del encofrado y recubra bien las armaduras.

Para garantizar el cumplimiento de estos requisitos, deberán observarse los siguientes aspectos:

1. Realizar un vertido correcto del concreto en los encofrados.

El vertido del concreto en caída libre produce, inevitablemente, la segregación, si no se realiza desde alturas pequeñas.

Para evitar estas segregaciones, la dirección del vertido del concreto en el encofrado debe de ser la vertical, haciendo que la mezcla pase por un trozo corto de tubo sostenido verticalmente.

En general, el peligro de la segregación es tanto mayor cuanto más grueso sea el agregado o menos continua sea la granulometría. Sus consecuencias son tanto más graves cuanto menor sea la sección del elemento estructural por colocar.

2. No depositar toda la mezcla en un punto confiando en que, por sí misma, vaya escurriendo y rellenando el encofrado. Con ello se evita la segregación.
3. No arrojar el concreto con pala a gran distancia, distribuirlo con rastrillos o hacerlo avanzar más de 1 m dentro de los encofrados.
4. El espesor de cada capa no será superior a 50 cm, ya que, con espesores superiores, la compactación no es eficaz.

B) Compactación

La compactación del concreto es la operación mediante la cual se dota a la mezcla de la densidad adecuada, de acuerdo con la dosificación del concreto.

El vertido del concreto en los encofrados, durante el proceso de colocación no proporciona, en contra de lo que pudiera pensarse, una adecuada compactación del concreto; por ello se hace necesaria la utilización de medios de compactación adecuados a la consistencia de la mezcla, tales como:

- a) Vibración mecánica interna. Por ejemplo: utilización de vibradores de aguja.
- b) Vibración mecánica externa. Por ejemplo: utilización de vibradores que se colocan por fuera de la formaleta y una fuerza excéntrica provoca la vibración del elemento estructural.
- c) Envarillado.

En el proceso de compactación hay que evitar:

1. Un exceso de compactación de la mezcla.
Con ello se evita la segregación del agregado grueso que, en el caso de concretos normales, se depositaría en el fondo del encofrado, y en el caso de concretos ligeros, ascendería a la superficie.

2. Una compactación insuficiente.
Con ello se evita la formación de "hormigueros" en la mezcla y en la superficie de las piezas que estén contacto con el encofrado.

C) Vibración

La vibración, interna o externa, es el método más utilizado para la consolidación del concreto. Cuando se hace vibrar el concreto, la fricción interna entre las partículas del agregado se destruye temporalmente y el concreto se comporta como un líquido. El concreto se acomoda en los encofrados, bajo la acción de la gravedad, y los vacíos grandes de aire atrapado suben hacia la superficie más fácilmente. La fricción interna se reestablece cuando la vibración se interrumpe. ⁽²⁾

Para consolidar el concreto en muros, columnas, vigas y losas, se utilizan vibradores internos o de inmersión. Es importante utilizarlos adecuadamente para obtener los mejores resultados.



Los vibradores no se deben utilizar para mover el concreto horizontalmente, pues pueden causar segregación. Siempre que sea posible, el vibrador debe bajarse verticalmente en el concreto, con espaciamientos regulares, bajo la acción de

la gravedad. Debe penetrar hasta el fondo de la capa que se esté colocando y, por lo menos, hasta 150 mm (6 pulg.) dentro de cualquier capa colocada anteriormente. La altura de la capa debe de ser aproximadamente de la longitud de la cabeza del vibrador o, generalmente, no superior a 500 mm (20 pulg.), en encofrados regulares. ⁽²⁾

En losas delgadas, debe insertarse el vibrador inclinado u horizontalmente, a fin de que se mantenga su cabeza completamente inmersa. Sin embargo, no debe arrastrarse el vibrador, de forma aleatoria, en la losa. En losas sobre el terreno, el vibrador no debe entrar en contacto con la subrasante.

El vibrador debe mantenerse estacionario, hasta que se obtenga la consolidación adecuada y, luego, debe retirarse lentamente. El tiempo de inserción, de 5 a 15 segundos, normalmente provee una consolidación apropiada. El concreto debe moverse para llenar los huecos dejados por la retirada del vibrador. ⁽²⁾

D) Curado

Es el conjunto de operaciones necesarias para asegurar el agua de hidratación óptima en la mezcla de concreto. Se logra evitando la evaporación o pérdida de agua en la mezcla de concreto, o proporcionando agua adicional para reponer su pérdida.

Un curado adecuado es vital para producir un concreto sano estructuralmente y para prevenir, también, su deterioro temprano. Para tener un curado adecuado debe retenerse suficiente humedad, por un tiempo determinado, para que la hidratación del cemento se dé.

El curado es especialmente importante cuando se coloca concreto en condiciones

climáticas severas: ambientes cálidos, secos, superficies expuestas al sol directamente, vientos, las cuales aceleran la pérdida de humedad y aumentan las posibilidades de fisuras y fracturas en el concreto.

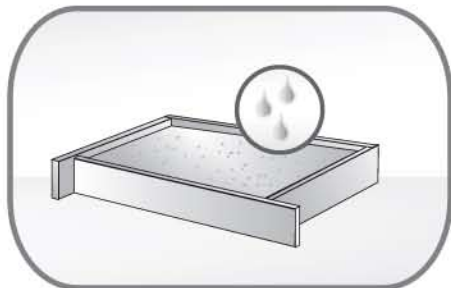
Por el contrario, en climas fríos, deben tomarse precauciones especiales ya que la hidratación es muy lenta. Un curado adecuado implica mantener ciertas condiciones de temperatura y humedad, tanto en el interior del concreto como en las áreas expuestas.

El curado del concreto es imperativo por tres razones principales:

1. Permitir que el concreto logre las características del diseño.
2. Minimizar la fisura, agrietamiento y pandeo.
3. Extender su vida útil.

La ganancia en resistencia produce un aumento en las resistencias a la fisura y el agrietamiento, tanto en el período de curado como después de éste. Con una hidratación adecuada, se mejoran la resistencia superficial, la durabilidad, la impermeabilidad, la resistencia al desgaste y la estabilidad dimensional.

Curado



El curado deberá realizarse de tal forma, que se evite la pérdida de humedad a través de las superficies de los elementos de concreto, desde el primer momento de su colocación. Para ello, podrán utilizarse distintos procedimientos, tales como:

- Aspersión, pulverización o riego con agua de las superficies.
- Cubrimiento con arena húmeda.
- Aplicación de un producto de curado, membrana, etc.
- Inmersión. Por ejemplo: en losas de contrapiso, rodear la losa con un bordillo de arena y llenar con agua, de tal forma que la losa quede sumergida.

El curado deberá prolongarse, como mínimo, durante los tres primeros días, adaptándolo, en cualquier caso, a las condiciones ambientales existentes. Como regla general, y con las condiciones ambientales medias, es recomendable mantener el curado durante los primeros siete días.



Bibliografía

1. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. "Manual de consejos prácticos sobre el concreto", San José, Costa Rica, 2002.
2. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. "Manual del técnico. Técnico para pruebas al concreto en la obra Grado I". ACI, IMCYC, México, 2006.
3. Kosmatka, Kerkhoff, Paranes, Tanesi. "Diseño y control de mezclas de concreto". Portland Cement Association, México, 2004.
4. Neville, Adam. "Tecnología del concreto". IMCYC, México, 1999.
5. Ramírez Coretti, Aldo. "Recomendaciones para la elaboración de mezclas en obras menores". Centro de investigaciones en vivienda y construcción (CIVCO), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, 1995.
6. Ramírez Coretti, Aldo. "Características de los agregados nacionales". Centro de investigaciones en vivienda y construcción (CIVCO), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, 1994.



ICCYC

Ofi plaza del este, edificio C
2º piso, oficina N°7
San Pedro de Montes de Oca,
San José.

Tel.: (506) 2283-0111

Fax: (506) 2253-7260

Apartado Postal: 1563-2100

San José, Costa Rica

E-mail: info@iccy.com

www.iccy.com



Instituto Costarricense
del Cemento y del Concreto