

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO APLICANDO EL MÉTODO ACI

Gerson David Cordero Estévez
Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez
Jhan Piero Rojas Suárez



**DISEÑO DE MEZCLAS
DE CONCRETO
APLICANDO EL MÉTODO
ACI**

GERSON DAVID CORDERO E.
JAVIER ALFONSO CÁRDENAS G.
JHAN PIERO ROJAS SUÁREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

Cordero Estévez, Gerson David

Diseño de mezclas de concreto método ACI / Gerson David Cordero Estévez, Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez, Jhan Piero Rojas Suárez. -- 1a. ed. -- Bogotá : Ecoe Ediciones : Universidad Francisco de Paula Santander, 2019.

92 p. – (Ingeniería y salud en el trabajo. Ingeniería)

Incluye datos biográficos del autor en la pasta. -- “Incluye: Contextualización sobre la importancia del concreto como material de ingeniería y descripción detallada del diseño de mezclas de concreto. Los materiales, métodos y condiciones de trabajo a los que se recurre en este libro se adaptan a la realidad regional y nacional. Compilación de ejemplos de diseño de mezclas por el método ACI para diversas condiciones. Método de diseño de mezclas por aplicación virtual, disponible para computadoras y teléfonos móviles.” -- Contiene bibliografía.

ISBN 978-958-771-705-1

1. Hormigón 2. Mezcladoras de hormigón I. Cárdenas Gutiérrez, Javier Alfonso II. Rojas Suárez, Jhan Piero III. Título IV. Serie

CDD: 620.136 ed. 23

CO-BoBN– a1038950



Colección: Ingeniería y salud en el trabajo

Área: Ingeniería

ECOE
EDICIONES



- ▶ Gerson David Cordero Estévez
- ▶ Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez
- ▶ Jhan Piero Rojas Suárez

© Ecoe Ediciones Limitada.
Carrera 19 # 63C 32, Tel.: 248 14 49
Bogotá, Colombia

© Universidad Francisco
de Paula Santander
Avenida Gran Colombia
No. 12E-96 Barrio Colsag
San José de Cúcuta - Colombia
Teléfono (057)(7) 5776655

Primera edición: Bogotá, diciembre de 2018

ISBN: 978-958-771-705-1

Coordinación editorial: Angélica García Reyes
Corrección de estilo: Orlando Riaño
Diagramación: Olga Lucía Pedraza R.
Carátula: Wilson Marulanda Muñoz
Impresión: La Imprenta Editores
Calle 77 # 27 A - 39

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

Para hacer un buen concreto
se necesitan cinco individuos:

Un sabio... para el agua.
Un avaro... para el cemento.
Un dadivoso... para los agregados.
Un fantasioso... para los aditivos.
Y para resolverlo...

¡Un loco ingeniero!

Carlos Videla.

CONTENIDO

PREFACIO	XVII
GLOSARIO	XIX
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL CONCRETO	1
El concreto.....	1
Generalidades.....	1
Clasificación del concreto	2
Según el tamaño máximo de su agregado grueso.....	2
Según la consistencia.....	3
Según la resistencia a la compresión	3
Según su peso unitario	4
Según la exposición y durabilidad.....	4
Composición del concreto.....	6
Cemento.....	6
Agregados para concreto	11
Agua para concreto.....	16
Aditivos	17

Asentamiento y resistencia del concreto.....	18
Asentamiento	18
Resistencia a la compresión.....	20
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL DISEÑO DE MEZCLAS	23
Método para seleccionar las proporciones del concreto	23
Aspectos generales del diseño de mezclas	23
Requisitos para mezclas de concretos	24
Manejabilidad	24
Consistencia.....	24
Resistencia.....	24
Relación agua-cemento.....	24
Durabilidad.....	24
Densidad	25
Datos base para el diseño de mezclas.....	25
Procedimientos para el diseño de mezclas.....	25
Paso 1. Selección de asentamiento.....	25
Paso 2. Selección del tamaño máximo del agregado.....	26
Paso 3. Estimación de contenido de agua y aire en la mezcla.....	26
Paso 4. Selección de la relación a/c	27
Paso 5. Cálculo del contenido de cemento	28
Paso 6. Estimación del contenido de agregado grueso	28
Paso 7. Estimación del contenido de agregado fino	29
Paso 8. Ajustes por humedad de los agregados.....	31
Paso 9. Ajustes en la mezcla de prueba	31
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y ENSAYOS PARA AGREGADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS	33
Procedimiento de selección de muestras de agregados gruesos y finos para ensayos.....	33
Referencias normativas	33
Aspectos generales.....	33
Objetivos	34
Elementos para el procedimiento	34

Elementos personales	34
Consideraciones	34
Procedimiento	35
Procedimiento de reducción de muestras de agregados gruesos y finos para ensayos.....	36
Referencia normativa	36
Aspectos generales.....	36
Objetivos	36
Elementos para el procedimiento	36
Elementos personales	36
Consideraciones.....	37
Procedimiento	37
Procedimiento de análisis por tamizado para agregados gruesos y finos.....	38
Referencias normativas	38
Aspectos generales.....	38
Objetivos	38
Elementos para el procedimiento	38
Elementos personales	39
Consideraciones.....	39
Procedimiento	41
Resumen de ensayo.....	42
Procedimiento para el cálculo de densidad y absorción de los agregados finos	43
Referencias normativas	43
Aspectos generales.....	44
Objetivos	44
Elementos para el procedimiento	44
Consideraciones.....	44
Ensayo de cono de humedad superficial.....	45

Procedimiento	46
Resumen de ensayo.....	47
Procedimiento para el cálculo de densidad y absorción de los agregados gruesos	47
Referencias normativas	47
Aspectos generales.....	48
Objetivos	48
Elementos para el procedimiento	48
Consideraciones.....	49
Procedimiento	50
Resumen de ensayo.....	51
Procedimiento para el cálculo de masa unitaria de los agregados.....	51
Referencias normativas	51
Aspectos generales.....	52
Objetivos	52
Elementos para el procedimiento	52
Consideraciones.....	52
Método de apisonamiento	53
Método de paleo.....	54
Procedimiento	54
Resumen de ensayo.....	54
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DE ENSAYOS PARA CONCRETOS	55
Procedimiento de ensayo del asentamiento de mezclas de concreto	55
Referencias normativas	55
Aspectos generales.....	55
Objetivos	56
Elementos para el procedimiento	56
Elementos personales.....	56
Consideraciones.....	56

Procedimiento	57
Resumen de ensayo.....	58
Procedimiento de elaboración de cilindros de concreto para ensayo de resistencia a la compresión.....	58
Referencias normativas	58
Aspectos generales.....	59
Objetivos	59
Elementos para el procedimiento	59
Elementos personales.....	59
Consideraciones.....	59
Procedimiento.....	60
Procedimiento de ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto	61
Referencias normativas	61
Aspectos generales.....	61
Objetivos	61
Elementos para el procedimiento	61
Elementos personales.....	62
Consideraciones.....	62
Procedimiento.....	64
Resumen de ensayo.....	65
CAPÍTULO 5: EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS POR EL MÉTODO ACI	67
Ejercicios de diseños de mezcla.....	67
Ejemplos del proceso de diseño de mezclas.....	67
CAPÍTULO 6: DIMACI – SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO	85
Software beta para el diseño de mezclas Método ACI - Dimaci.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Vaciado del concreto.....	2
Figura 1.2	Cemento Portland.....	7
Figura 1.3	Ensayo de resistencia del cemento.....	9
Figura 1.4	Cantera de explotación de agregados.....	11
Figura 1.5	Ensayo de asentamiento.....	19
Figura 1.6	Ensayo de resistencia a la compresión.....	21
Figura 3.1	Procesamiento y apilado de agregados.....	34
Figura 3.2	Cuarteo de muestras.....	37
Figura 3.3	Proceso de tamizado.....	40
Figura 3.4	Elementos de ensayo (picnómetro).....	45
Figura 3.5	Material con humedad superficial.....	46
Figura 3.6	Pesaje en agua.....	50
Figura 3.7	Molde de ensayo.....	52
Figura 4.1	Medición de asentamiento del concreto.....	57
Figura 4.2	Preparación de cilindros.....	60
Figura 4.3	Puesta en curado de los cilindros.....	60
Figura 4.4	Ensayo de resistencia a la compresión.....	62
Figura 4.5	Modelos de fallas típicos.....	64
Figura 6.1	Interfaz Dimaci.....	86
Figura 6.2	Datos de ingreso.....	86
Figura 6.3	Generación de reporte.....	86
Figura 6.4	Modelo de reporte.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Concreto según el tamaño máximo de su agregado.....	2
Tabla 1.2	Concreto según su consistencia.	3
Tabla 1.3	Concreto según su resistencia	3
Tabla 1.4	Tipos de concreto según su peso unitario.....	4
Tabla 1.5	Categorías de exposición del concreto.	5
Tabla 1.6	Requisitos para concreto de acuerdo a su grado exposición.....	6
Tabla 1.7	Tipos de cemento.	9
Tabla 1.8	Normas de metodología, ensayo y muestreo del cemento.	10
Tabla 1.9	Clasificación de agregados según tamaño.	12
Tabla 1.10	Clasificación de agregados según su fuente de obtención.	12
Tabla 1.11	Clasificación de agregados según su gravedad específica.	13
Tabla 1.12.	Requisitos de gradación para agregado fino.....	14
Tabla 1.13	Requisitos de gradación para agregado grueso.....	15
Tabla 1.14	Normas de metodología, ensayo y muestreo los agregados.	16
Tabla 1.15	Normas de metodología, ensayo y muestreo agua para concreto. ..	17
Tabla 1.16	Aditivos para concreto.....	18
Tabla 1.17	Valores sugeridos para el asentamiento del concreto.....	19
Tabla 1.18	Evolución de la resistencia del concreto.....	22
Tabla 1.19	Requisitos de sobrerresistencia.	22
Tabla 2.1	Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.....	26
Tabla 2.2	Cantidad de agua aproximada y presencia de aire para diferentes asentamientos dados.	26
Tabla 2.3	Relación entre a/c y resistencia a la compresión a los 28 días de edad de curado.	27
Tabla 2.4	Máxima relación a/c permitida para concretos con exposición severa.....	27
Tabla 2.5	Volumen de agregado grueso compactado por unidad de volumen de concreto.....	29

Tabla 2.6 Primera estimación del peso de concreto fresco..... 29

Tabla 2.7 Ajuste de agua en litros para modificación de asentamiento. 32

Tabla 3.1 Masa mínima de ensayo. 35

Tabla 3.2 Masa mínima de ensayo. 39

Tabla 3.3 Tamices de ensayo. 40

Tabla 3.4 Masa mínima de ensayo. 49

Tabla 3.5 Capacidad de los moldes. 53

Tabla 4.1 Edad de ensayo de los cilindros de concreto. 62



PREFACIO

El diseño de mezclas de concreto es un proceso de gran importancia en los proyectos de construcción, pues determina las propiedades de resistencia, características de acabado y manejabilidad de uno de los materiales de ingeniería más usado en el mundo, el concreto.

La selección de los componentes del concreto se rige por ciertos estándares de alcance global; estos definen las propiedades y las cantidades de los agregados necesarios para cada concreto que se desee procesar. No obstante, la investigación *Diseño de mezcla de concreto, reemplazando en proporciones el agregado grueso, por arcilla cocida*, desarrollada por los autores de este libro, identifica la ausencia de métodos y procedimientos para diseñar mezclas de concreto teniendo en cuenta las propiedades y condiciones de los materiales de la región fronteriza Nort santandereana. En este sentido, esta obra, *Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI*, es la respuesta a la necesidad identificada en la investigación, porque hace una exposición de fundamentos conceptuales, metodologías de ensayos y presenta ejemplos de cómo realizar diseños de mezclas y, además, entrega una aplicación para dispositivos móviles y computadoras.

Puntualmente, este libro sintetiza, paso a paso, el diseño de mezclas con el método ACI 211.1 para concretos de peso normal y ofrece una recopilación de las metodologías de muestreo, reducción y ensayos de laboratorios básicos para agregados, así como de las pruebas para determinar propiedades del concreto.

Para complementar la metodología ACI expuesta, se desarrollan algunos ejemplos de aplicación de diseño de mezclas para diversas situaciones y casos puntuales propios del desarrollo de la ingeniería.

Finalmente, se ofrece una aplicación beta, desarrollada por los autores, para usar desde computadoras y dispositivos móviles. Esta aplicación permite realizar aproximaciones de las cantidades estimadas de materiales para diseños de mezclas variando distintos parámetros de los materiales, requerimientos y especificaciones técnicas.

GLOSARIO

- **Asentamiento:** medida relativa a la trabajabilidad, manejabilidad y consistencia del concreto recién mezclado, obtenida mediante el ensayo del cono de Abrams.
- **Agregados:** material granular usado para elaborar concreto o mortero. La arena, la grava, la piedra triturada o la escoria de alto horno son materiales agregados.
- **Agregado fino:** agregado cuyo tamaño de partículas es inferior a 4,8 mm y superior a 75 μm .
- **Agregado grueso:** 1) agregado predominantemente retenido sobre el tamiz de 4,75 mm. 2) Porción de un agregado retenido sobre el tamiz de 4,75 mm.
- **Agregado natural:** material granular que se explota del lecho de ríos o canteras para la elaboración de concretos u otras actividades.
- **Cemento hidráulico:** cemento que fragua y endurece por reacción química con agua; dicha reacción puede ocurrir por inmersión en agua.
- **Cemento Portland:** cemento hidráulico producido por la pulverización del clínker Portland, usualmente en combinación con sulfato de calcio.
- **Concreto:** material compuesto que consta, esencialmente, de un medio aglutinante dentro del cual están embebidas partículas o fragmentos de

agregados; formado básicamente por una mezcla de cemento hidráulico, material particulado y agua. También se le conoce como hormigón.

- **Curado:** proceso en el que se controlan y mantienen las condiciones de temperatura y humedad en mezclas de concreto con el fin de desarrollar sus propiedades.
- **Ensayo de compresión:** prueba de laboratorio en la que se aplica cargas de compresión para determinar la resistencia de un amplio rango de materiales a este tipo de cargas axiales.
- **Fraguado:** proceso en el que se alcanza, gradualmente, la rigidez en una mezcla de concreto, debido a reacciones químicas ocurridas después de agregar agua.
- **Gravedad específica:** relación de la densidad de una sustancia y la densidad del agua a una temperatura determinada.
- **Masa unitaria:** es la relación de la masa y el volumen de una sustancia que en el Sistema Internacional de Unidades se expresa en .
- **Probeta:** elemento representativo que se toma como muestra para ser sometido a ensayos de laboratorios. Generalmente estos elementos son normalizados con el fin de estandarizar los procedimientos de las pruebas y dar confiabilidad y universalidad a los resultados.
- **Relación agua-cemento:** relación entre la masa de agua a (sin tener en cuenta la absorbida por los agregados) y la masa del cemento en la mezcla de concreto m , expresada en forma decimal (a/c).
- **Resistencia de diseño:** valor reducido de la resistencia nominal de un elemento estructural. Esta reducción se da al multiplicar la resistencia nominal por un factor menor que la unidad según ciertas condiciones de diseño. También se puede tener la resistencia de diseño al aumentar las cargas o requerimientos de esfuerzos para un determinado elemento.
- **Trabajabilidad:** grado de facilidad de manejo del concreto al ser mezclado, transportado y colocado.
- **Vacíos:** espacio lleno de aire en la mezcla de concreto.