

TABLA 5

Tabla 6.3.1 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción		
Tipos de construcción	Revenimiento, cm	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	7.5	2.5
Zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

*El revenimiento se puede incrementar cuando se emplean aditivos químicos, se debe tener en cuenta que el concreto tratado con aditivo tiene una relación agua-cemento o agua-materiales cementantes igual o menor sin que potencialmente tenga segregación o sangrado excesivo.
Se puede incrementar en 2.5 cm cuando los métodos de compactación no sean mediante vibrado.

TABLA 1
Tabla 6.3.3 Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado

Revenimiento, cm	Agua, Kg/m ³ para el concreto de agregado de tamaño nominal máximo (mm) indicado							
	9.5*	12.5*	19*	25*	38*	50*	75**	150**
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10.0	202	193	184	175	165	157	133	119
15.0 a 17.5	216	205	197	174	174	166	154	-
Promedio recomendado***de contenido de aire total, por ciento, según el nivel de exposición								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5#*	1.0#*
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5##	3.0##
Exposición severa##	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5##	4.0##

*Las cantidades de agua de mezclado dadas para concretos con aire incluido están basadas en los requerimientos típicos totales de contenido de aire que se consiguen en la tabla precedente como "exposición moderada". Estas cantidades de agua de mezclado son para usarse en el cálculo del contenido de cemento para mezclas de prueba a una temperatura de 20 a 25 °C. Son cantidades máximas para agregados gruesos angulosos, razonablemente bien formados y con granulometría dentro de los límites aceptados por las especificaciones. Los agregados redondeados pueden requerir 20 lts/m³ menos para concretos con aire incluido. El empleo de aditivos químicos reductores de agua, que cumplen ASTM C 494, pueden también reducir el agua de mezclado en un 5 por ciento o más. El volumen de aditivos líquidos se debe incluir como parte del volumen total de agua de mezclado. Los valores de revenimiento mayores de 18 cm. se obtienen únicamente mediante el empleo de aditivos químicos reductores de agua; éstos son para concretos con agregados cuyo tamaño máximo nominal no es mayor que 25 mm.

*Los valores de revenimiento para concreto con agregado mayor de 40 mm están basados en pruebas de revenimiento, después de quitar las partículas mayores de 40 mm, mediante cribado húmedo.

**Estas cantidades de agua de mezclado se emplean para calcular factores de cemento para mezclas de prueba, cuando se utilizan agregados de tamaño máximo nominal de 70 ó 150 mm. Son promedios para agregados gruesos razonablemente bien formados y con buena granulometría de grueso a fino.

***En varios documentos del ACI aparecen recomendaciones adicionales con respecto al contenido de aire y a las tolerancias necesarias de contenido de aire para control en el campo. Entre estos documentos están: ACI 201, 345, 318, 301 y 302. La norma ASTM C 94 para concretos premezclados también proporciona los límites de contenido de aire. Los requerimientos que aparecen en otros documentos no siempre pueden concordar exactamente, por lo que al proporcionar concreto se debe prestar atención a la selección de un contenido de aire que se ajuste a las necesidades de la obra, así como a las especificaciones aplicables.

#Para concretos que contienen agregados grandes que serán tamizados en húmedo a través de una malla de 1 1/2 pulgadas antes de someterse a la prueba de contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en el material de tamaño inferior a 40 mm debe ser como el tabulado en la columna de 40 mm. Sin embargo, los cálculos iniciales de proporción deben incluir el contenido de aire como un porcentaje total.

*Cuando se emplea agregado grande en concretos con bajo factor de cemento, la inclusión de aire no debe ir en detrimento de la resistencia. En la mayoría de los casos el requerimiento de agua de mezclado se reduce lo suficiente como para mejorar la relación agua/cemento y, de esta manera, compensar el efecto reductor de resistencia del concreto con inclusión de aire. Generalmente, sin embargo, para dichos tamaños máximos grandes de agregado los contenidos de aire recomendados en caso de exposición severa se deben considerar, aunque pueda haber poca o ninguna exposición a la humedad o al congelamiento.

##Estos valores se basan en el criterio de que es necesario un 9% de aire en la fase de mortero del concreto. Si el volumen del mortero va a ser sustancialmente diferente del determinado en esta obra, puede ser conveniente calcular el contenido de aire necesario tomando un 9% del volumen real del mortero.

TABLA 2a

Tabla 6.3.4 (a) Correspondencia entre la relación agua/cemento o agua/materiales cementantes y la resistencia a la compresión del concreto		
Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm ² *	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	-
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

*Los valores son estimados para resistencias promedio de concretos que contengan no más de 2 por ciento para concreto sin aire incluido y 6 por ciento de contenido de aire total para concreto con aire incluido. Para una relación constante agua/cemento o agua/materiales cementantes, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire. Los valores de resistencia a 28 días pueden ser conservadores pero cambiar cuando se empleen varios materiales cementantes, también puede cambiar el porcentaje de desarrollo de resistencia a 28 días.

La resistencia está basada en cilindros de 15 x 30 cm. curados en ambiente húmedo durante 28 días de acuerdo con las Secciones "Curado Inicial" y "Curado de Cilindros" para verificar lo adecuado de las proporciones por resistencia de mezclas de laboratorio o como base de aceptación o para "Control de Calidad" del método ASTM C 31 para hacer y curar en el campo especímenes de concreto. Esto es, cilindros curados en ambiente húmedo a 23 ± 1.7 C antes de su ensaye.

La relación supone un tamaño máximo de agregado de 3/4 a 1" (19 a 25 mm); para un banco de agregados dado, la resistencia producida por una relación agua/cemento o agua/materiales cementantes dada se incrementará conforme se reduzca el tamaño máximo de agregado. Consúltense las Secciones 3.4 y 6.3.2.

TABLA 2b

Tabla 6.3.4 (b) Relaciones agua/cemento o agua/materiales cementantes máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas*		
Tipo de estructura	Estructura continuamente húmeda o frecuentemente expuesta a congelamiento y deshielo ⁺	Estructura expuesta a agua de mar o sulfatos
Secciones delgadas (Bardas, bordillos, cornisas y trabajos ornamentales) y secciones con menos de 5 mm de recubrimiento sobre el refuerzo	0.45	0.40 ⁺⁺
Todas las estructuras	0.50	0.45 ⁺⁺

*Basado en el informe del Comité ACI 201, los materiales cementantes deben satisfacer a ASTM C 618 y C 989.

+El concreto también debe tenera aire incluido.

++Si se emplea cemento resistente a los sulfatos (Tipo II ó Tipo V de la norma ASTM C 150), la relación agua/cemento o agua/materiales cementantes permisible se puede incrementar en 0.05.

TABLA 3

Tabla 6.3.6 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto				
Tamaño máximo nominal del agregado, mm	Volumen de agregado grueso* varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena ⁺			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5(3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19(3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25(1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5(1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50(2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75(3")	0.82	0.80	0.78	0.76
150(6")	0.87	0.85	0.83	0.81

TABLA 4

Tabla 6.3.7.1 Primera estimación del peso del concreto fresco.		
Tamaño máximo nominal del agregado, mm	Primera estimación del peso del concreto fresco. kg/m ³ *	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
9.5 (3/8")	2280	2200
12.5 (1/2")	2310	2230
19 (3/4)	2345	2275
25 (1")	2380	2290
37.5 (1 1/2")	2410	2350
50 (2")	2445	2345
75 (3")	2490	2405
150 (6")	2530	2435

*Valores calculados por medio de la ecuación 6.1 para concreto de riqueza mediana (330 kg de cemento por m³) y revenimiento medio con agregado de peso específico de 2.7. Los requerimientos de agua se basan en valores de la tabla 6.3.3, para revenimiento de 7 a 10 cm. Si se desea, el peso estimado puede afinarse como sigue, cuando se disponga de la información necesaria: por cada 5 kg de diferencia en los valores de agua de mezclado de la Tabla 6.3.3 para revenimiento de 8 a 10 cm, corregir el peso por m³ en 8 kg en dirección contraria; por cada 45 kg. de diferencia en contenido de cemento de 330 kg, corregir el peso por m³ en 8 kg en la misma dirección, por cada 0.1 que el peso específico del agregado se desvíe de 2.7, debe corregirse el peso del concreto en 45 kg en la misma dirección. Para concreto con aire incluido el contenido de aire para condiciones severas de exposición se usó el de la Tabla 6.33. El peso puede ser incrementado en 1 por ciento por cada 1 por ciento de reducción de contenido de aire respecto a esa cantidad.