

co años expuesto a la intemperie y no muestra signos apreciables de desintegración.

c) Pueden omitirse los requisitos relativos a sanidad exigidos en a) y b) en el caso que el agregado que se utilice se destine a estructuras o partes de éstas no expuestas a la intemperie.

**218-S. Peso por metro cúbico de escoria.**

La escoria, graduada conforme al uso indicado, deberá sujetarse a los siguientes requisitos: (Ver Práctica Recomendada, Sección 205.)

DESCRIPCION	Límites permisibles recomendables		Límites mínimos permisibles	
	Concreto cuya superficie está sujeta a desgaste	Concreto cuya superficie no está sujeta a desgaste	Concreto cuya superficie está sujeta a desgaste	Concreto cuya superficie no está sujeta a desgaste
Peso, Kgs. por metro cúbico, no menor de...	1200 Kgs.	1120 Kgs.	1120 Kgs.	1040 Kgs.

**219-S. Resistencia al desgaste.**

La grava y piedra triturada usadas en un concreto sometido a desgaste superficial, (pavimentos, pisos, estructuras sujetas a la acción abrasiva del hielo en las corrientes de agua, etc.), deben ajustarse, cuando se les somete a la prueba de resistencia al desgaste, a los siguientes límites de pérdida por abrasión. (Véase Sección 229-S). (Ver Práctica Recomendada, Sección 212).

MATERIAL	Límites permisibles por ciento por peso	
	Recomendable	Máximo
Piedra triturada . . . . .	5	9
Grava (100% no triturada) . . . . .	10	20
Grava (100% triturada) . . . . .	20	30
Grava (...% triturada) . . . . .	—	—

los límites exteriores de la sección de la columna deben tomarse igual a un círculo 3.8 cms. (1 1/2") fuera de la hélice de la columna o igual a un cuadrado cuyo lado está a 3.8 cms. fuera de la hélice. En el caso de que se usen 2 ó más hélices en dicha columna o igual a un cuadrado cuyo lado está a 3.8 cms. fuera lados estén en cualquier punto cuando menos 3.8 cms., fuera de las hélices. Para este tipo de columnas con refuerzo helicoidal el valor de  $A_g$  como se definió, deberá usarse en ambas fórmulas (9) y (10).

f) Columnas equivalentes a las circulares.—Como una excepción al procedimiento general de utilizar el área total de la sección de la columna, es admisible proyectar una columna circular y construirla con sección cuadrada, octagonal u otra sección cualquiera de la misma dimensión mínima. En tal caso, la carga admisible, el área total considerada y los porcentajes requeridos de refuerzo se tomarán iguales a los de la columna circular.

**855. Columnas zunchadas.**

a) Carga admisible.—La carga máxima admisible en columnas cargadas axialmente, reforzadas con barras longitudinales y zunchos laterales separados, será el 80% de la carga dada por la fórmula (9). La relación  $p_g$ , que debe considerarse en columnas zunchadas no deberá ser menor de 0.01 ni mayor de 0.04. El refuerzo longitudinal deberá consistir de, cuando menos, 4 barras de diámetro mínimo igual a 5/8" con recubrimiento de 4 cms. (1 1/2") más el espesor del zuncho y cuando haya una arista (corner) a menos de 10 cms. (4") este recubrimiento será de 5 cms. (2"). Los traslapes en las barras de refuerzo se harán como se describió en el párrafo 854 c).

b) Zunchos laterales.—Los zunchos laterales deberán ser cuando menos de 1/4" de diámetro y deberán quedar espaciados no más de 16 diámetros de las varillas o la menor dimensión

de la columna. Cuando haya más de 4 barras verticales, se colocarán zunchos adicionales, de tal modo que cada barra vertical esté sujeta firmemente en la posición proyectada.

c) Límites de secciones de columnas.—En una columna zunchada que por razones arquitectónicas tiene una sección transversal mayor que la necesaria para la carga que va a soportar, se puede considerar un área  $A_g$  reducida en no menos de la mitad, para aplicar las especificaciones 855 a), debiendo el refuerzo longitudinal distribuirse sobre toda la sección de la columna.

**856. Columnas compuestas.**

a) Carga admisible.—La carga admisible en una columna compuesta, consistente en una columna de fierro estructural o fierro fundido ahogada en concreto y reforzada con refuerzo longitudinal y en hélice, no deberá ser mayor que la dada por la fórmula (11).

$$P = 0.225 A_c f_c + f_s A_s + f_r A_r \dots \dots \dots (11)$$

- en donde
- $A_c$  = área neta de la sección de concreto.  
=  $A_g - A_s - A_r$
  - $A_s$  = área de la sección transversal del refuerzo longitudinal.
  - $A_r$  = área de la sección transversal del alma de acero estructural o fierro fundido.
  - $f_r$  = carga unitaria admisible en el acero del alma que no deberá ser mayor de 1125 Kg/cm.<sup>2</sup> (16000 lbs/pulg.<sup>2</sup>) para el acero, ni mayor de 700 Kg/cm.<sup>2</sup> (10000 lbs/pulg.<sup>2</sup>) para alma de fierro fundido.

Las literales restantes corresponden a la nomenclatura dada en el párrafo 854.

**216-S. Substancias deletéreas.**

Las substancias deletéreas no deben presentarse en exceso a las cantidades siguientes: (Véase Práctica Recomendada, Secciones 205 y 208).

	Límites permisibles Porcentaje por peso	
	Recomendable	Máximo
Fragmentos suaves. . . . .	2	5
Carbón y lignito. . . . .	1/4	1
Terrones arcillosos. . . . .	1/4	1/4
Material que pasa por la malla N° 200. . . . .	1/2 #	1 #
Otras substancias deletéreas, (según sus especificaciones). . . . .		

NOTA #. Las cantidades máximas permisibles pueden elevarse a 3/4 y 1 1/2% respectivamente cuando el material de finura superior a la malla N° 200 consista esencialmente en el polvo que resulta de la trituración de la piedra.

**217-S. Sanidad.**

a) El agregado grueso debe reunir los siguientes requisitos cuando se le someta a los cinco ciclos de la prueba del Sulfato de Sodio, para determinar su sanidad. (Ver Práctica Recomendada, Secciones 205 a 209.)

DESCRIPCION	Límites permisibles por ciento	
	Recomendable	Máximo
Promedio de pérdida por peso . . . . .	12	15

b) El agregado grueso que no reúna los requisitos en a), puede usarse siempre que, mediante evidencia satisfactoria, se compruebe que otro concreto con proporciones comparables en el que se usó agregado similar proveniente de la misma fuente, ha estado durante un período no menor de cin-

Tamaños designados	Porcentaje por peso que pasa por mallas de Laboratorio de abertura cuadrada										Nº 8	
	4 pulg.	3½ pulg.	2½ pulg.	2 pulg.	1½ pulg.	1 pulg.	¾ pulg.	½ pulg.	¾ pulg.	Nº 4		
Nº 4- ½ pulg.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90-100	100	90-100	40-75	0-5
Nº 4- ¾ pulg.	.....	.....	.....	.....	.....	100	.....	.....	90-100	.....	20-55	0-5
Nº 4-1 pulg.	.....	.....	.....	.....	100	90-100	.....	25-60	.....	.....	.....	.....
Nº 4-1½ pulg.	.....	.....	.....	100	95-100	.....	100	.....	35-70	.....	10-30	.....
Nº 4-2 pulg.	.....	.....	100	95-100	.....	35-70	.....	10-30	.....	.....	.....	.....
¾-1½ pulg.	.....	.....	.....	100	90-100	20-55	0-15	.....	.....	.....	.....	.....
1-2 pulg.	.....	.....	100	90-100	35-70	0-15	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2-3½ pulg.	100	90-100	.....	0-15	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

b) Detalles del alma metálica y del refuerzo.—El área de la sección transversal del alma metálica no excederá 20% del área total de la columna. Si se utiliza un alma metálica hueca, deberá rellenarse con concreto. La cantidad de refuerzo longitudinal y en hélice así como las especificaciones relativas, espaciamientos de barras, traslapes y espesor del recubrimiento fuera de la espiral deberán sujetarse a los valores señalados en el párrafo 854 b), c) y d). Deberá dejarse un espacio de cuando menos 7.5 cms. (3") entre la espiral y el alma metálica en todos los puntos excepto cuando dicha alma consista en una columna de acero estructural H, en cuyo caso el espacio puede reducirse a 5 cms. (2").

c) Empalmes y uniones.—Las almas metálicas en columnas compuestas deberán acepillarse perfectamente en los topes debiendo quedar asegurado el alineamiento de un tramo con otro. La transmisión de cargas al alma metálica deberá asegurarse mediante el empleo de piezas de carga tales como ménsulas, **acartelamiento** u otras conexiones eficaces. Estas se colocarán en la parte superior del alma metálica y a niveles de pisos intermedios, donde se requiera. Deberá procurarse una amplia sección de concreto y continuidad del refuerzo en la unión con vigas y trabes.

La columna en conjunto deberá satisfacer la fórmula (11) en cada sección; además, la porción de concreto reforzado estará proyectada para resistir, de acuerdo con la fórmula (9) todas las cargas de piso que se apoyen en la columna entre las ménsulas metálicas o conexiones. Al aplicar la fórmula (9) a un alma metálica hueca rellena con concreto, el área de concreto dentro del alma no deberá incluirse en el área  $A_g$ . En la base de la columna deberá proveerse para la transmisión de cargas al cimiento con fatigas adecuadas de acuerdo con el párrafo 870. La base del alma metálica deberá proyectarse para transmitir la carga total de la columna compuesta al cimiento,

o puede proyectarse para transmitir la carga de la sección metálica solamente, siempre y cuando se coloque en la pila o pedestal, en tal forma, que deje una amplia sección de concreto arriba de la base, para la transmisión de carga de la sección de columna de concreto reforzado, por medio de adherencia sobre el refuerzo vertical y por compresión directa en el concreto.

d) Carga admisible en almas metálicas.—Las almas metálicas de columnas compuestas deberán estar proyectadas para soportar las cargas a que puedan estar sujetas antes de que se haga el colado de concreto.

**857. Columnas combinadas y de tubos.**

a) Columnas combinadas; columnas de acero ahogadas en concreto.—La carga admisible en una columna de acero estructural ahogada en concreto con no menos de 7 cms. (2 1/2") de recubrimiento en cualquier punto (excepto en las cabezas de remaches) reforzadas como se indica a continuación, se calculará con la fórmula (12).

$$P = A_r f'_r \left( 1 + \frac{A_r}{100 A_c} \right) \dots \dots \dots (12)$$

en donde  $A_r$  = área de la sección transversal de acero en la columna.

$f_r$  = fatiga admisible para el alma metálica sin concreto.

$A_c$  = área total de la sección de concreto =  $A_g - A_r$ .

El concreto empleado deberá desarrollar una resistencia a la compresión  $f'_c$  de cuando menos 140 Kg/cm.<sup>2</sup> (2000 lbs/pulg.<sup>2</sup>) en las pruebas, de acuerdo con el párrafo 310. El concreto deberá reforzarse con una malla de alambre soldado, con alambre no menor del número 10, espaciado en sentido verti-

tolerancia para compensar las variaciones inevitables en el procedimiento normal de prueba).

**213-S. Sanidad.**

a) El agregado fino debe reunir los siguientes requisitos cuando se le sujete a los cinco ciclos de la prueba del Sulfato de Sodio para determinar la sanidad: (Véase Práctica Recomendada, Secciones 205 y 209.)

	Límites Permisibles (Porcentajes)	
	Recomendables	Máximos
Promedio de pérdida por peso.....	8	12

b) El agregado fino que no reúna los requisitos en a) puede usarse siempre que, mediante evidencia satisfactoria, se compruebe que otro concreto con proporciones comparables en el que se utilizó agregado similar, proveniente de la misma fuente, ha estado durante un período no menor de 5 años expuesto a la intemperie y no muestra signos apreciables de desintegración.

c) Pueden omitirse los requisitos relativos a sanidad exigidos en a) y b) en el caso que el agregado se utilice en estructuras o partes de éstas no expuestas a la intemperie.

**AGREGADO GRUESO**

**214-S. Generalidades.**

El agregado grueso consistirá en piedra triturada, grava, escoria de altos hornos, o con aprobación del Ingeniero, otros materiales inertes con características similares. El tipo o tipos particulares que se provean deberán ser especificados por el Ingeniero (ver Secciones 220-S a 225-S).

**215-S. Granulometría.**

El agregado grueso de los tamaños señalados debe sujetarse a los siguientes requisitos (véase la Tabla siguiente):

DESCRIPCION	Límites Permisibles % por peso	
	Recomendable	Máximo
Terrones de arcilla.....	1	1½
Carbón y lignito.....	¼	1
Material que pasa por la malla 200:		
a) En concreto sujeto a desfiaste en su superficie.....	2	3
b) En otras clases de estructuras...	3	5
Otras sustancias deletéreas (según especificaciones)		

**211-S. Impurezas orgánicas.**

Cuando el agregado fino se ensaye de acuerdo con el método de prueba relativo a impurezas orgánicas (ver Sección 229-S), deberá dar un color que no sea más oscuro que el color normal; a menos que satisfaga las pruebas de resistencia en mortero, especificadas en la Sección 112-S.

**212-S. Resistencia del mortero.**

Los especímenes de mortero hechos con el agregado fino que se ensaya, de acuerdo con las pruebas de resistencia de mortero (ver Sección 229-S), deben dar, en promedio, una resistencia a la compresión cuando menos de un 90% de la resistencia obtenida en especímenes hechos con el mismo cemento y arena graduada de Ottawa según especificaciones de la A. S. T. M. Método Tentativo de Prueba para Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Portland (Designación A. S. T. M. C109-37T). La edad de prueba, cuando se use cemento Portland Común no deberá ser menor de 7 y de 3 días si se emplea cemento de alta resistencia a corta edad. (Con estos requisitos se intenta asegurar el uso de un agregado fino de calidad satisfactoria desde el punto de vista de la resistencia del concreto. Se permite un 10% de

cal no más de 10 cms. (4 pulgs.) y en sentido horizontal no más de 20 cms. (8 pulgs.) Esta malla deberá colocarse alrededor de toda la columna a una distancia de 2.5 cms. (1 pulgada) de la superficie del concreto y traslapado cuando menos 40 diámetros del alambre con amarres en el mismo.

Deberán emplearse ménsulas especiales para recibir la carga de cada piso. La columna de acero deberá destinarse para resistir con seguridad cualquier carga que pueda tener antes del colado de concreto.

b) Columnas con tubos.—La carga admisible en columnas consistentes en tubería de acero rellena de concreto no será mayor de la que se obtenga con la fórmula (13).

$$P = 0.225 f'_c A_c + f'_t A_r \dots \dots \dots (13)$$

El valor de  $f'_t$  será el que se obtenga con la fórmula (14).

$$f'_t = \left( 18000 - 70 \frac{h}{R} \right) F \dots \dots \dots (14)$$

en donde  $f'_t$  = fatiga admisible en la sección de acero del tubo.

$h$  = claro libre en la columna.

$R$  = radio de giro de la sección de acero del tubo.

fatiga crítica a la tensión del material del tubo.

$$F = \frac{\text{fatiga crítica a la tensión del material del tubo.}}{3160 \text{ kgs/cm}^2 (45000 \text{ lbs/pulg}^2)}.$$

Si la fatiga crítica no es conocida, el factor  $F$  se tomará igual a 0.5.

Si la resistencia  $f'_c$  no es conocida, se supondrá igual a 176 Kg/cm<sup>2</sup> (2500 lbs/pulg<sup>2</sup>).

**858. Columnas largas.**

a) La carga axial máxima admisible  $P'$  en columnas de concreto reforzado o compuesto, que tienen una longitud  $h$ ,

mayor de 10 veces la menor dimensión de la base, **d**, está dada por la fórmula (15).

$$P' = P \left( 1.3 - 0.03 \frac{h}{d} \right) \dots\dots\dots (15)$$

en donde **P** = la carga axial máxima admisible en columnas cortas de acuerdo con las fórmulas (9) y (11).

b) La carga máxima admisible **P'** en columnas con carga excéntrica en la que  $\frac{h}{d}$  es mayor de 10 está dada igualmente por la fórmula (15), siendo **P** la carga excéntrica máxima admisible aplicada a una columna corta de acuerdo con los párrafos 860-861. En columnas largas sujetas a esfuerzos de flexión conocidos conforme al párrafo 859, la relación  $\frac{h}{d}$  no deberá ser mayor de 20.

**859. Momentos flexionantes en columnas.**

Los momentos flexionantes en columnas de toda clase de estructuras de concreto reforzado deberán determinarse teniendo como base las condiciones de carga y empotramiento tomándose en cuenta para el diseño. Cuando se utilicen las rigideces y resistencia de las columnas para reducir los momentos en vigas, trabes o losas, como en el caso de marcos rígidos en general, la necesidad de conocer los momentos de las columnas es evidente; en otras formas de construcciones continuas en donde los momentos de las columnas son inevitables deberá tomarse en cuenta el diseño. En estructuras de edificios deberá darse atención especial al caso en que haya pisos de cargas desiguales tanto en columnas exteriores como interiores así como a cargas excéntricas debidas a otras causas. Las columnas (de los muros) deberán proyectarse para resistir los momentos producidos por: a) cargas en todos los pisos del edifi-

**208-S. Granulometría.**

El agregado fino debe graduarse de grueso a fino dentro de los límites asentados en la tabla siguiente (ver Secciones 205 y 206 de Práctica Recomendada):

Tamaño del tamiz	Porcentaje por peso de la cantidad total que pasa el tamiz
3/8 Pulg.	100
Nº 4	95-100
Nº 16	45-80
Nº 50	5-30
Nº 100	0-8

**209-S. Uniformidad.**

Con el fin de poder controlar la graduación del agregado fino procedente de una sola fuente, deberá enviarse para inspección antes de cada remesa regular, una muestra preliminar del material. Esta muestra debe ser representativa del material que se pretende suministrar. Cualquier remesa de agregado fino hecha durante la ejecución de la obra, que presente una variación en su módulo de finura mayor o menor en 0.20 con relación a la muestra preliminar, debe ser rechazada; puede ser aceptada siempre que el Ingeniero ordene los cambios necesarios en las proporciones de la revoltura con el fin de obtener un resultado uniforme.

**210-S. Substancias deletéreas.**

Las substancias deletéreas no deben presentarse en cantidades que excedan las estipuladas en la Tabla siguiente (véase Práctica Recomendada, Secs. 205 y 208).

## INGREDIENTES

### 204-S. Generalidades.

Los materiales usados como ingredientes deberán llenar los requisitos siguientes: (Véase Sec. 203 de Práctica Recomendada.)

### A G U A

El agua para concreto será limpia; no debe contener cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, materia orgánica o sustancias deletéreas.

### 206-S. Resistencia del Mortero.

La resistencia a los 28 días de especímenes (ver Sección 229-S para método de prueba), hechos con cemento Portland Común y agua cuya calidad se examina, debe ser cuando menos el 90% de la resistencia de especímenes similares hechos con el mismo cemento y agua de calidad conocida como satisfactoria (ver Práctica Recomendada, Sección 204).

### AGREGADO FINO

### 207-S. Generalidades.

El agregado fino puede consistir en arena natural, arena obtenida de la trituración de piedra, grava, o escoria procedente de altos hornos; o siempre que el Ingeniero lo apruebe, otros materiales inertes con características similares a las de los anteriores. El Ingeniero es el indicado para especificar el tipo o tipos que deban utilizarse (ver también secciones 226-S a 228-S).

cio: b) cargas en un solo **intercolumnio exterior** en 2 niveles de pisos adyacentes, o c) cargas en un solo **vano exterior** en un piso. La resistencia a los momentos flexionantes al nivel de cualquier piso, se deberá considerar distribuyendo el momento entre las columnas inmediatamente arriba y abajo del piso mencionado, en proporción a sus rigideces relativas y condiciones de empotramiento.

### 860. Esfuerzos combinados de flexión y axiales.

a) En columnas de concreto reforzado sujetas a momentos flexionantes deberán seguirse los métodos de análisis conocidos para calcular los esfuerzos combinados debidos a carga axial y flexión. La fatiga máxima de compresión y la fatiga de tensión (en caso de fuerte excentricidad de la carga) en las barras verticales gobernarán el diseño. Para los cálculos deberá usarse el área total tanto para columnas reforzadas con hélices como zunchadas.

b) Para diseños preliminares, generalmente dará resultados satisfactorios el calcular la fatiga combinada de compresión considerando una sección sin agrietar de la columna, y utilizando la fórmula (16).

$$f_c = \frac{P}{A_g} \frac{1 + \frac{e c}{R^2}}{1 + (n - 1) P_g} \dots \dots \dots (16)$$

Resultará un diseño bastante seguro, si la excentricidad es menor de la mitad del ancho total de la columna y el valor de  $p_g n$  es 0.3 ó más.

en donde  $e$  = excentricidad de la carga resultante, medida desde el eje de gravedad.

$c$  = distancia del eje de gravedad a la fibra en compresión más alejada.

R = radio de giro de la sección de concreto equivalente.

n = de acuerdo con el párrafo 878.

Otras literales de acuerdo con el párrafo 854.

El término  $\frac{e c}{R^2}$  puede sustituirse por el valor  $\frac{6 e}{t}$  para columnas rectangulares y  $\frac{8 e}{t}$  para columnas circulares sin que se cometa un error apreciable (t = espesor total de la sección). Este diseño puede analizarse luego, por métodos más exactos, para asegurarse que no se exceden las fatigas máximas admisibles.

**861. Esfuerzos combinados admisibles de carga axial y flexión.**

a) Para columnas reforzadas en espiral y zunchadas, con carga excéntrica o sujetas en otra forma a esfuerzos combinados de compresión axial y flexión, la fatiga máxima admisible de las fibras en compresión está dada por la fórmula (17).

$$f_c = f_a \frac{1 + \frac{e c}{R^2}}{1 + C \frac{e c}{R^2}} \dots\dots\dots (17)$$

En la que las literales están de acuerdo con la nomenclatura descrita en los párrafos 854 y 860, y, además,  $f_a$  es la fatiga media admisible en una columna de concreto cargada axialmente con carga equivalente: C es la relación de  $f_a$  a la fatiga admisible de las fibras en piezas sujetas a flexión.

Por tanto,  $f_a = \frac{0.225 f'_c + f_s p_g}{1 + (n - 1) p_g}$  para columnas reforzadas en espiral y 0.8 de este valor para columnas zunchadas.

**NORMAS PARA CONCRETO Y CONCRETO REFORZADO**

**ESPECIFICACIONES.**

**MATERIALES.**

**CEMENTO**

El cemento que vaya a utilizarse debe ser escogido por el ingeniero y puede ser uno o varios de los tipos que se citan a continuación:

**201-S. Cemento Portland.**

El cemento Portland Común, deberá ajustarse a las especificaciones para cemento Portland de la American Society for Testing Materials (C9-38).

**202-S. Cemento Portland de Alta Resistencia a corta edad.**

El Cemento Portland de Alta Resistencia a corta edad deberá sujetarse a las especificaciones normales de la American Society for Testing Materials (C74-39).

**203-S. Cementos Especiales.**

Los cementos especiales deberán ajustarse a los siguientes requisitos: (Véase la Sec. 202 de Práctica Recomendada.)

$$C = \frac{f_a}{0.45 f'_c}$$

b) La tensión admisible en el refuerzo longitudinal puede igualarse al especificado para piezas sujetas a flexión, con la condición de que los traslapes del acero de tensión en la sección de momento máximo de la columna o cerca de ella sean capaces de desarrollar una resistencia igual a la del punto crítico.

### 862. Esfuerzos ocasionados por vientos y temblores.

Quando las columnas están sujetas a esfuerzos ocasionados por la presión del viento o temblores además de los esfuerzos combinados de carga axial y flexión de la sección de la columna, ésta no deberá incrementarse salvo que la fatiga admisible dada por la fórmula (17) sea excedida en más de un tercio.

## CIMENTOS

### 863. Generalidades.

Estas recomendaciones incluyen el diseño de cimientos de muro, aislados, combinados y en losa nervurada.

Para fines de diseño se supone que las cimentaciones pueden dividirse en combinaciones de vigas continuas o cantilever, estáticamente determinadas y proporcionadas de acuerdo con tal determinación.

Se recomienda que las porciones sobresalientes de todos los cimientos, ya sean aislados o combinados, se traten como vigas cantilever. Esto difiere de la práctica de considerar áreas trapeciales para calcular momentos flexionantes, en que el momento de las fuerzas sobre toda el área de un lado de una sección, se incluye en el momento flexionante para esa sección.

Esto proporciona un método general para calcular los momentos de cimientos con cantilever, tanto en cimientos de forma irregular como simétrica.

#### 864. Esfuerzos.

Los cimientos deberán proyectarse para soportar las cargas que se apliquen, sin exceder las fatigas admisibles de trabajo dadas en el párrafo 878. Deberá notarse que la fatiga de adherencia admisible se reduce en 25% en todas las zonas de tensión que requieran refuerzos en más de un sentido. Véanse también los párrafos 821, 827 y 830.

#### 865. Cálculo de esfuerzos.

a) Los esfuerzos de flexión, esfuerzo cortante y adherencia en cimientos aislados o combinados, deberán determinarse para las secciones críticas indicadas en el párrafo 866. Para la porción sobresaliente de un cimiento, el momento flexionante en una sección cualquiera puede considerarse igual al momento estático de las fuerzas sobre toda el área del cimiento de un lado del plano vertical que pasa por esa sección. En cimientos aislados que trabajan en dos sentidos, el refuerzo de tensión deberá determinarse teniendo como base el 85% de los momentos así calculados; en cimientos de un solo sentido, tales como cimientos de muros, el momento total deberá considerarse.

b) Para cimientos aislados, colados monolíticamente, la sección resistente al momento flexionante en cualquier dirección puede ser la sección vertical cortada por el plano respecto al cual se calcula el momento, excepto en los casos de cimientos con talud o escalonados, según se indica a continuación.

En cimientos con talud, la sección que resiste el momento puede definirse como la anterior, siempre y cuando el talud en la parte superior no sea tal que requiera que se trate en forma especial en cantilever como si fuera una viga acartelada. Un talud de 1 vertical a 2 horizontal puede considerarse

#### Tensión en el refuerzo a la tensión diagonal:

Todas clases de aceros  $f_s = 1125 \text{ Kg/cm}^2$  (16000 lbs/pulg<sup>2</sup>).

Tensión en columnas con refuerzo en espiral (véase párrafo 854).

Compresión en columnas, refuerzo vertical (véase párrafo 854).

Barras de acero mediano  $f_s = 1125 \text{ Kgs/cm}^2$  (16000 lbs/pulg<sup>2</sup>).

Barras de acero duro (acero billet, acero de riel o acero para ejes)  $f_s = 1400 \text{ Kgs/cm}^2$  (20000 lbs/pulg<sup>2</sup>).

Compresión en columnas compuestas y combinadas (véanse párrafos 856-857).

Refuerzo a la compresión en piezas sujetas a flexión (véase párrafo 804 c).

Area cargada parcialmente,  $f_c$  variable (véase párrafo 870); máximo admisible .....  $f_c = 0.75 f'_c$

#### Compresión axial:

En pedestales .....  $f_c = 0.25 f'_c$

En columnas (véanse párrafos 854-855).

### REFUERZO

#### Tensión en piezas sujetas a flexión con cargas axiales o sin ellas:

Barras de acero estructural . . . .  $f_s = 1265 \text{ Kgs/cm}^2$  (12000 libs/pulg<sup>2</sup>).

Perfiles de acero estructural . . .  $f_s = 1265 \text{ Kgs/cm}^2$  (18000 libs/pulg<sup>2</sup>).

Barras de acero de calidad intermedia entre acero duro y mediano (acero billet, acero de riel, o acero para ejes) . . .  $f_s = 1400 \text{ Kgs/cm}^2$  (20000 libs/pulg<sup>2</sup>).

Malla de alambre o barras que no excedan de 1/2" de diámetro, cuando se utilizan en losas en un sentido solamente . . . .  $f_s = 50\%$  del punto crítico mínimo, pero no mayor de 1760 Kg/cm<sup>2</sup> (2500 libs/pulg<sup>2</sup>).

como límite satisfactorio. El talud de la parte superior del cimiento no necesita ser uniforme, siempre y cuando el límite del talud 1 a 2 no se exceda en ningún punto.

Para cimientos escalonados, colados monolíticamente, la sección resistente a la flexión deberá limitarse al bloque inferior, o al área cubierta con un cimiento con taludes imaginarios de acuerdo con los requisitos respecto a talud del párrafo anterior y que quedará completamente bajo el cimiento escalonado.

En cimientos aislados el refuerzo deberá distribuirse en todo el ancho de la sección.

c) En el caso de que el refuerzo no corte en ángulo recto una sección en la que se haya calculado el momento, únicamente la componente normal a la sección deberá considerarse efectiva, esto es, el área de la sección transversal de las barras de refuerzo multiplicada por el seno del ángulo que estas barras forman con la sección.

#### 866. Secciones críticas.

a) La sección crítica para flexión en un cimiento que recibe una columna de concreto, pedestal o muro, es la que corresponde a la cara de dicha columna, pedestal o muro. En el caso de una sección diferente a las cuadradas o rectangulares, deberá tomarse como sección crítica la correspondiente a la cara de un cuadrado concéntrico de área equivalente. Para cimientos que reciben muros de mampostería donde la adherencia al cimiento está reducida al valor de fricción, deberá considerarse como sección crítica la que corresponde a la mitad de la distancia entre el centro y la orilla del muro. Para cimientos que reciben columnas de bases metálicas, deberá considerarse como sección crítica a la mitad de la distancia entre la cara de la columna y la orilla de la base metálica. La carga puede considerarse uniformemente distribuida sobre la columna, pedestal, muro o base metálica.

b) Deberán considerarse como secciones críticas por adherencia las mismas que para flexión, y el esfuerzo cortante utilizado para determinar dicha adherencia estará basado en las mismas cargas y para la misma sección que el momento flexionante. También deberá investigarse la adherencia en aquellos planos en que hay cambios de sección o de refuerzo.

c) La sección crítica para tensión diagonal en cimientos sobre tierra, deberá considerarse como la sección concéntrica vertical a una distancia  $d$  de cada cara de la columna, pedestal o muro. Esta profundidad  $d$  deberá medirse desde la parte superior de la sección hasta la altura del centro de gravedad del refuerzo longitudinal.

d) La sección crítica para tensión diagonal de cimientos apoyados en pilotes deberá considerarse como la sección concéntrica vertical a una distancia  $d/2$  de cada cara de la columna, pedestal o muro, y todos aquellos pilotes cuyos centros estén en o fuera de esta sección deberán incluirse para calcular el esfuerzo cortante.

e) En cimientos con talud, o escalonados deberán hacerse análisis de los esfuerzos en las secciones donde cambie el talud o peralte, fuera de la sección crítica según se define en a), b), c) y d) anteriores.

### 867. Cimientos de concreto simple.

a) En cimientos de concreto simple la sección deberá calcularse como monolítica con dimensiones de todo el ancho y una altura medida a partir de un plano a 5 cms., arriba de la base del cimiento. La fatiga máxima de tensión en el concreto no deberá exceder de 0.03 de la fatiga de ruptura. El esfuerzo cortante medio no deberá ser mayor de 0.02 de la fatiga de ruptura del concreto, y deberá calcularse en una sección vertical concéntrica a una distancia ( $d - 5$  cms.) de cada cara

nal para tomar todo el esfuerzo cortante. (Véase párrafo 817 e) .....	$v_c = 0.12 f'_c$
Losas planas, a una distancia $d$ del extremo del capitel de la columna, o engrosamiento de la losa .....	$v_c = 0.03 f'_c$
Cimientos con el refuerzo longitudinal sin an- clajes en los extremos .....	$v_c = 0.02 f'_c$
Cimientos con el refuerzo longitudinal con an- clajes en los extremos .....	$v_c = 0.03 f'_c$
Cimientos combinados y de losa nervurada pro- yectados como vigas con refuerzo en el alma apropiado y anclajes en los extremos del refuerzo longitudinal .....	$v_c = 0.06 f'_c$

### Adherencia: $u$

En vigas, losas y cimientos en un sentido:

Barras lisas  $u = 0.04 f'_c$  sin exceder 11.2 Kgs/cm<sup>2</sup> (160/  
libs/pulg<sup>2</sup>).

Barras corrugadas  $u = 0.05 f'_c$  sin exceder 14 Kgs/cm<sup>2</sup>  
(200/libs/pulg<sup>2</sup>).

En cimientos en varios sentidos:

Barras lisas  $u = 0.03 f'_c$  sin exceder 11.2 Kgs/cm<sup>2</sup> (160 lbs/  
pulg<sup>2</sup>).

Barras lisas  $u = 0.0375 f'_c$  sin exceder 14 Kgs/cm<sup>2</sup> (200/  
libs/pulg<sup>2</sup>). (Cuando se prevea con anclaje en los extremos  
(véase párrafo 826) puede considerarse una y media vez este  
valor, pero en ningún caso deberá excederse 14 Kgs/cm<sup>2</sup> (200/  
libs/pulg<sup>2</sup>) para barras lisas y 17.6 Kgs/cm<sup>2</sup> (250 lbs/pulg<sup>2</sup>)  
para barras corrugadas).

### Compresión: $f_c$

Area total cargada .....

$$f_c = 0.25 f'_c$$

pactos, la suma de los esfuerzos no deberá ser mayor de 1/3 de los valores dados en la Tabla 7.

TABLA 7

FATIGAS DE TRABAJO RECOMENDADAS  
(CARGAS ESTATICAS E IMPACTOS)

Relación de módulos: n para utilizarse en los cálculos de flexión incluyendo por ciento de acero de tensión o esfuerzo de tensión en el refuerzo. Los valores dados son para concreto hecho con agregados de peso normal; para concreto ligero los valores de n deberán ser el doble de los indicados.	$f'_c = 140$	$— 170$	$n = 15$
	$= 176$	$— 200$	$n = 12$
	$= 210$	$— 275$	$n = 10$
	$= 280$	$— 345$	$n = 8$
	arriba de 350		$n = 6$

## CONCRETO

Flexión:  $f_c$ 

Fatiga de compresión en las fibras extremas ...  $f_c = 0.45 f'_c$

Fatiga de tensión en fibras extremas (para cimientos de concreto simple solamente)...  $f_t = 0.03 f'_c$

Esfuerzo cortante:  $v$ 

Vigas sin refuerzo en el alma y sin anclajes en los extremos del refuerzo longitudinal  $v_c = 0.02 f'_c$

Vigas sin refuerzo en el alma pero con anclajes en los extremos del refuerzo longitudinal  $v_c = 0.03 f'_c$

Vigas con el refuerzo en el alma correctamente diseñado, pero sin anclajes en el refuerzo longitudinal .....  $v_c = 0.06 f'_c$

Vigas con el refuerzo en el alma apropiado y con anclajes en los extremos del refuerzo longitudinal (cuando  $v_c$  sea mayor de  $0.06 f'_c$  deberá colocarse refuerzo a la tensión diago-

de la columna, pedestal o muro, excluyendo los 5 cms. de recubrimiento en la base.

b) El área de la parte superior del cimiento no será menor que la obtenida con la fórmula (18) del párrafo 870.

## 868. Cimientos combinados.

a) Para columnas de concreto reforzado, la sección crítica para flexión transversal deberá tomarse en las caras de las columnas o pedestales. Para cimientos que reciben bases metálicas de columnas, deberá suponerse como sección crítica la que está intermedia entre la cara de la columna y la orilla de la base metálica. El refuerzo transversal deberá ser dividido en grupos proporcionales al área de la sección para las cargas de la columna. El refuerzo transversal en cada columna deberá colocarse uniformemente en una faja con un ancho no mayor que el ancho de la columna más el doble del peralte efectivo del cimiento. El refuerzo longitudinal deberá repartirse en todo el ancho.

b) La sección crítica para tensión diagonal en cimientos combinados deberá considerarse en las caras de los miembros de descarga para todos los elementos de viga y asimismo para los cantilevers.

## 869. Cimentación con losa corrida.

Una cimentación con losa corrida debe proyectarse como un piso invertido.

## 870. Transmisión de esfuerzos en la base de la columna.

a) El esfuerzo de compresión en el refuerzo longitudinal en la base de la columna deberá transmitirse a un pedestal o cimiento o mediante el empleo de espigas. Deberá haber, cuando menos, una espiga para cada barra de la columna y el área total de la sección de las espigas no deberá ser menor que el área del refuerzo en la sección de la columna. Las espigas o

barras de la columna, deberán prolongarse a la columna y al pedestal o cimiento, la distancia necesaria para transmitir al concreto, por la adherencia admisible, todo su esfuerzo. No deberá considerarse que los ganchos aumentan la adherencia en una zona de compresión. Además de la transmisión de carga por medio de espigas, deberá haber en la parte superior del cimiento o pedestal un área (A) que sea igual o mayor de la obtenida con la siguiente fórmula (18).

$$A = \left[ \frac{f_b}{.25 f_c} \right]^3 A' \dots \dots \dots (18)$$

en donde  $f_b$  = fatiga de trabajo admisible en el concreto de la columna.

$A'$  = área de la columna.

$f_c$  = fatiga de ruptura del concreto en la pieza de apoyo.

En todos los casos el concreto en la pieza de apoyo deberá ser de tal calidad que la relación de  $f_b$  a  $.25 f_c$  no sea mayor de  $1 \frac{1}{2}$ .

b) En cimientos con talud o escalonados, A puede tomarse igual al área de la superficie horizontal más alta del cimiento o como el área de la base inferior (del tronco mayor) de una pirámide o como inscrito totalmente en el cimiento y teniendo como base superior el área cargada  $A'$  y taludes de 1 vertical a 2 horizontal.

c) La fórmula (18) puede aplicarse para determinar el área necesaria en la parte superior del cimiento o pedestal que reciben una base metálica. En este caso  $f_b$  deberá considerarse igual a la fatiga real sobre el área cargada y la limitación respecto a la clase de concreto, dada en a) deberá aplicarse.

#### 871. Pedestales y cimientos de pedestal con carga concéntrica.

a) Concreto simple.—El esfuerzo de compresión en el área total de un pedestal o la superficie superior de un cimien-

i) Las caras expuestas de los muros deberán tener un pequeño talud (aproximadamente  $1/4''$  en un pie) o (2 cms. en un metro) para evitar la apariencia de volteamiento.

### ESFUERZOS UNITARIOS

#### 878. Fatigas de trabajo admisibles en el concreto y en el refuerzo.

a) Las fatigas de trabajo recomendadas para el concreto están en función de la fatiga de ruptura  $f_{tc}$  a la compresión a los 28 días. Los métodos de control, proporcionamiento y curas necesarias para obtener la resistencia deseada están dadas en el capítulo III.

b) Las fatigas de trabajo recomendadas para el acero de refuerzo están basadas tomando en consideración dos factores importantes:

1. El límite elástico del acero.
2. La fatiga a la cual aparecen grietas en las caras de tensión de piezas sujetas a flexión.

Los valores dados para tensión están limitados aproximadamente al 50% del límite elástico del refuerzo, pero con un límite superior de 1 400 Kgs/cm<sup>2</sup> (20 000 lbs/pulg<sup>2</sup>) para piezas estructurales importantes, y 1760 Kgs/cm<sup>2</sup> (25 000 lbs/pulg<sup>2</sup>) para el caso especial de losas en un sentido reforzadas con malla de alambre, y barras de tamaño chico. Estos límites superiores deberán aplicarse a toda clase de aceros de refuerzo independientemente de su límite elástico.

c) Cargas estáticas e impactos.—Para cargas estáticas o móviles cuando se han considerado impactos apropiados, la Junta recomienda las fatigas dadas en la Tabla 7.

d) Esfuerzos combinados máximos.—Cuando se consideren esfuerzos ocasionados por viento, temblores u otras fuerzas combinados con los ocasionados por cargas estáticas o im-

ra en los muros de concreto reforzado del lado de la cara expuesta, en cantidad no menor de  $10 \text{ cm}^2$  por metro de altura ( $0.50 \text{ pulg}^2$  por pie de altura) con un espaciamiento máximo de 30 cms. (12") centro a centro de barras.

(Lo más conveniente para este objeto, es usar barras de sección pequeña y a corto espaciamiento.)

e) Ningún refuerzo estará a menos de 5 cms. (2"), de cualquiera de las caras expuestas del muro. Donde el concreto está en contacto con el suelo, el refuerzo estará, cuando menos, a 7.5 cms (3") de la superficie.

f) En muros de concreto reforzado, deberán dejarse juntas de construcción con llaves en "V" en secciones a una distancia preferentemente no mayor de 9 metros (30 pies) con el refuerzo prolongado en la junta. Las juntas de expansión con ranura y lengüeta deberán colocarse a distancias no mayores de 30 metros (100 pies); el refuerzo no deberá prolongarse a través de estas juntas. En muros de concreto simple deberán dejarse juntas semejantes a distancias preferentemente no mayores de 9 metros (30 pies).

g) En la albardilla y balaustrada de los muros de retención deberán dejarse juntas de construcción y de dilatación. Puede suceder que sean deseables juntas adicionales en la balaustrada y albardillas.

h) Debería proveerse de drenaje en la parte posterior de los muros, preferentemente mediante el empleo de capas de roca triturada colada horizontalmente a todo lo largo del muro y a una elevación a la que el agua pueda eliminarse fácilmente, unidas estas capas a drenes verticales que se prolonguen hasta la albardilla a intervalos de unos 4.5 m. (15 pies) a lo largo del muro. A cada 4.5 metros (15 pies), cuando menos en cada claro entre 2 contrafuertes, se deberán colocar lloraderos de no menos de 10 cms. (4") de diámetro, a una elevación tal que el agua drenada pueda salir fácilmente.

to de pedestal no deberá ser mayor de 0.25 fl. salvo que se provea de refuerzo y se proyecte la pieza como una columna de concreto reforzado.

d) La altura y ancho de un pedestal o cimiento de pedestal deberá determinarse considerando los esfuerzos cortante y de flexión como se especifica en el párrafo relativo a cimientos de concreto simple (867). Un cimiento de pedestal apoyado directamente en pilotes deberá tener una malla de refuerzo, de área en sección transversal no menor de  $(0.20 \text{ pulg}^2/\text{pie})$  en cada dirección, colocado a 7.5 cms. arriba de la cabeza de los pilotes.

## MUROS DE RETENCION

### 872. Investigaciones de su estabilidad.

a) Los muros de retención o sostenimiento, tanto de concreto simple como reforzado, deberán proyectarse para resistir las presiones del material retenido incluyendo sobrecargas tanto vivas como muertas a las que pueden estar sujetas.

b) El muro deberá estar proyectado para tener estabilidad contra (1) volteamiento, (2) deslizamiento, (3) presión máxima sobre el terreno, así como por momento, esfuerzo cortante, adherencia y presiones máximas en secciones del muro a intervalos de altura regulares.

### 873. Momentos y presiones.

a) Las presiones y momentos de volteamiento ejercidos por el material retenido y las sobrecargas que puedan ocurrir si no se determinan experimentalmente, deberán determinarse por medio de un análisis que esté acorde con la práctica establecida.

(Cuando la clase de material de relleno se conoce de antemano debe investigarse su densidad; ángulo de fricción interno

en diversas condiciones de saturación y altura. Debe tomarse en consideración la posible presión hidrostática y la reducción del peso del material de relleno debido a flotación.)

b) Cuando un muro de retención va a sujetarse a presiones diversas de varios materiales a diferentes alturas, cada tramo vertical de muro deberá analizarse para el material de relleno que estará detrás de él, considerando el material arriba de cada plano considerado, como sobrecarga.

#### 874. Presiones en la cimentación.

Las presiones en la cimentación deberán determinarse tomando en consideración la localización, magnitud, y dirección del empuje resultante en la base.

#### 875. Fatigas admisibles y secciones críticas.

a) Los muros de retención, incluyendo cimentación, tanto de concreto simple como reforzado, deberán diseñarse en tal forma que en ninguna sección o parte de muro o cimiento, se excedan las fatigas admisibles de acuerdo con lo especificado en el párrafo 878.

b) Deberán tomarse como secciones críticas en las diversas partes del muro o cimiento las mismas que las recomendadas para vigas, losas y cimientos.

#### 876. Medios para asegurar la estabilidad.

a) Para asegurar la estabilidad contra deslizamientos, deberá proveerse una resistencia cuando menos del doble del empuje horizontal en el muro.

b) Para estabilidad contra volteamiento el momento debido al peso del muro relleno y otras sobrecargas deberá ser, cuando menos, 50% mayor que el momento de volteamiento debido al empuje del material de relleno unido al de cualquier sobrecarga viva o muerta que pueda ocurrir. Para muros apo-

yados en suelos la presión resultante en la base deberá caer dentro del tercio medio de la base; y cuando ocurran vibraciones, esta resultante deberá caer cerca del centro para evitar asentamientos desiguales.

c) La presión resultante máxima en el suelo, en la base del cimiento, originada por el empuje máximo, inclusive por el efecto de excentricidad de tal empuje, no será mayor que la resistencia máxima del suelo que soporta el muro. Debe tomarse en consideración una posible modificación en la distribución de las presiones debido a excentricidad y al efecto de una posible vibración con el consiguiente asentamiento desigual.

#### 877. Detalles sobre diseño y construcción.

a) En muros con contrafuertes, éstos pueden diseñarse como secciones de vigas T, calculándose el muro vertical como una losa continua con el refuerzo correspondiente. Deberán colocarse estribos convenientemente anclados o barras del tamaño y espaciamiento conveniente para resistir el empuje de tierras a presión transmitido por las losas (muro o cimiento) a los contrafuertes.

b) En muros con machones, éstos deben diseñarse como vigas rectangulares, y los muros verticales como losas continuas reforzadas en esta forma.

c) Al diseñar el cimiento de un muro, deberá tomarse en consideración la necesidad de amarrar la losa del cimiento a la base del muro con refuerzo adecuado, cuando la presión vertical del relleno y peso del concreto excedan a la presión hacia arriba del suelo. Cuando se coloquen llaves o amarres en la cimentación para aumentar la resistencia al deslizamiento o por otros motivos, deberán colocarse monolíticamente con la base.

d) Deberá proveerse de refuerzo longitudinal para cambios de volumen por contracción y por cambios de temperatu-

hacia afuera cuando se opere el mecanismo respectivo. El bote deberá llenarse perfectamente y bajarse con lentitud para evitar derrames, no debiendo descargarse sino hasta que su fondo toque la superficie del colado, entonces se abrirán las compuertas y se izará lentamente hasta descargar su contenido. El revenimiento debe fluctuar entre 10 y 15 cm.

3º Costales: Para este método se utilizarán costales con capacidad no menor de unos 28 litros, de yute o algún otro material grueso; deben llenarse de concreto hasta sus dos terceras partes y atar la boca perfectamente. Su colocación debe hacerse en forma tal que todo el conjunto forme una masa perfectamente entrelazada. Los costales que se usen para este procedimiento deberán estar libres de todo material deletéreo.

f) A fin de reducir al mínimo la formación de la capa suave de lechada superficial, se deberá tener mucho cuidado de producir la mínima segregación posible en el concreto durante el colado. Toda capa suave de lechada superficial deberá removerse antes de continuar el trabajo de colado.

#### 421-S. Colado de concreto expuesto a la acción corrosiva de aguas o suelos.

Se deberán tomar medidas especiales para el colado, cuando el concreto esté expuesto a la acción corrosiva de aguas o suelos, de acuerdo con las especificaciones de las secciones 407-S a 416-S). Siempre que sea posible, el colado se deberá llevar a cabo sin interrupción hasta dejar terminada la sección, o en todo caso, hasta que el nivel del concreto quede a unos 45 cm. sobre el nivel del agua o del suelo. Debe evitarse que las aguas o suelos con propiedades corrosivas estén en contacto con el concreto en el momento del colado y durante las siguientes 72 horas.

## AGREGADO DE CASCOTE Y CICLOPEO

### 220-S. Agregado de cascote.

Este agregado consiste en grava o piedra limpia, resistente y durable, debiendo quedar retenido en la malla de abertura cuadrada de 6". Cada piedra no deberá tener un peso superior a 45 Kg.

### 221-S. Agregados - Ciclópeo.

Este agregado consiste en grava o piedra resistente, limpia y durable, pesando cada piedra más de 45 Kg.

## AGREGADOS PARA CONCRETO LIGERO

### 222-S. Generalidades.

Los agregados ligeros consisten en piedra pómez, lava, toba, escoria especialmente preparada, coque, barro recocido y otros productos con características similares. Deben sujetarse a los requisitos de las especificaciones generales de la granulometría (Sección 208-S), impurezas orgánicas (Sección 211-S), sanidad (Sección 213-S) y resistencia del mortero según lo especificado en la Sección 212-S, excepto que la resistencia mínima del mortero, hecho con agregado ligero saturado y superficialmente seco, debe ser cuando menos el 70% de la resistencia del mortero hecho con arena de Ottawa. (Ver Práctica Recomendada, Sección 210.)

### 223-S. Substancias deletéreas.

Los agregados ligeros deben sujetarse a los siguientes requisitos: (Para método de prueba véase la Sección 229-S.)

DESCRIPCION	Agregado fino	Agregado grueso
	Por ciento	Por ciento
Terrones arcillosos, no más de.....	1.5	1.0
Carbón de piedra, no más de.....	1.5*	1.5*
Material que pasa por la malla N° 200, no más de..	4.0	2.0
Otras substancias deletéreas (según especificaciones)	—	—

NOTA. \*Este porcentaje no es aplicable a los derivados del carbón de piedra (coke, ceniza, etc.).

### 224-S. Peso por metro cúbico.

Los agregados ligeros deberán sujetarse a los siguientes requisitos (véase Práctica Recomendada, Sección 210).

#### Descripción

Peso máximo por metro cúbico de material seco y suelto:

Agregado fino.....	1,120 Kg.
Agregado grueso.....	880 „

### AGREGADOS PARA ESTRUCTURAS A PRUEBA DE INCENDIOS

### 225-S. Agregado resistente al fuego.

a) Los agregados que satisfagan los requisitos de las Secciones 207-S a 219-S inclusive, o de las secciones 222-S a 224-S inclusive, de estas especificaciones, serán propios para usarse en estructuras a prueba de incendios. Cuando se les destine a esta clase de construcciones deberán dividirse en dos grupos como sigue:

**Grupo 1:** Escoria de altos hornos, piedra caliza, grava, basaltos, barro cocido, pizarra, ceniza que no contenga más de un 25% de material combustible, ni más del 5% de material volátil, y otros materiales que se ajusten a los requisitos contenidos en estas especificaciones, que no contengan

c) Esta clase de concreto no debe contener una cantidad inferior a 400 Kgs. de cemento por m<sup>3</sup>. El volumen o peso del agregado grueso no deberá ser menor de vez y media ni mayor del doble que el peso o volumen del agregado fino. La revoltura se efectuará con el agua suficiente para producir un revenimiento comprendido entre 10 y 18 cm.

d) Las ataguías o formas deberán ser lo suficientemente impermeables para reducir la velocidad de la corriente en el espacio donde se va a colar hasta 3 m. por minuto; aun no habiendo corriente alguna deben ser lo suficientemente impermeables a fin de evitar fugas de concreto. No está permitido el bombeo del agua mientras dure el vaciado ni durante las 24 horas siguientes.

e) El colado deberá continuarse hasta alcanzar la altura deseada. Debe procurarse mantener una superficie nivelada evitando la formación de grietas o hendeduras. Los métodos que se pueden emplear para colar bajo el agua pueden ser los siguientes:

1º Tubo conductor: El tubo conductor debe ser impermeable y de capacidad suficiente que permita una corriente continua de concreto. Deberá estar siempre lleno mientras se esté colando. El concreto deberá descargarse y extenderse mediante un movimiento del tubo conductor que permita lograr una corriente uniforme. El extremo de descarga se colocará tan cerca como sea posible de la superficie de colado a fin de evitar que el concreto escurra a través del agua. Hay necesidad de sacar el tubo y volverlo a cargar, si durante el colado se pierde su contenido, es decir, que se forme alguna bolsa de aire. El revenimiento deberá mantenerse entre 12 y 18 cm.

2º Botes de fondo de compuertas: La boca del bote deberá estar abierta, es decir, sin tapa alguna; las compuertas del fondo deberán abrirse hacia abajo y girarán libremente

cual se eliminarán los agregados gruesos o bien con una lechada de cemento puro. El nuevo colado debe iniciarse antes de que la capa de mortero o lechada haya alcanzado su fraguado inicial.

#### 417-S. Protección y curado.

El concreto debe ser protegido y curado conforme lo estipulado en la Sección 318-S.

#### 418-S. Colado de concreto ciclópeo.

El agregado ciclópeo deberá quedar perfectamente embebido en el concreto; las piedras no deben quedar a menos de 0.30 metros de cualquier superficie ni a una distancia menor de 0.15 metros una de la otra. La roca estratificada deberá descansar sobre su lecho natural. Esta clase de agregado deberá colocarse cuidadosamente a fin de no dañar los moldes o las mamposterías adyacentes.

#### 419-S. Colado de concreto de Cascote.

El agregado de cascote debe quedar perfectamente ahogado dentro del concreto. Las piedras no deben quedar a menos de 0.10 metros de cualquier superficie o de las piedras próximas. El colado debe efectuarse con cuidado a fin de evitar dañar las formas o las mamposterías adyacentes.

#### 420-S. Colado de concreto bajo el agua.

a) El equipo, los métodos, los materiales y las proporciones que deba llevar la revoltura para el colado de concreto bajo el agua, deberán haber sido aprobadas por el ingeniero antes de principiar el trabajo.

b) El colado no debe efectuarse en agua que se encuentre a una temperatura menor a 1.6° C. La temperatura del concreto al vaciarse debe estar comprendida entre 15 y 38° C.

más del 30% de cuarzo, horsteno, pedernal o materiales similares.

**Grupo 2:** Granito, cuarzo, grava silicosa, piedra arenisca, gneis, ceniza que contenga más del 25%, pero no más del 40% de material combustible y con un máximo de 5% de material volátil; además otros materiales que satisfagan los requisitos de estas especificaciones, conteniendo más del 30% de cuarzo, horsteno, pedernal o materiales similares.

b) Los requisitos de protección contra el fuego mostrados en las figuras, están basados en el uso de agregados de los Grupos 1 y 2.

NOTA: El Ingeniero deberá elegir uno de los dos grupos citados: Véase la Sección 505, de Práctica Recomendada, para recomendaciones relativas a la protección mínima del refuerzo cuando se usa material de uno u otro grupo.

### METODOS DE MUESTREO Y ENSAYE

#### 226-S. Método de muestreo.

Los métodos de muestreo de los cementos Portland y Portland de Alta resistencia a corta edad, deben ajustarse a los Métodos Normales de Muestreo y Pruebas Físicas del Cemento Portland de la A. S. T. M. (A. S. T. M. Designación: C77-39).

#### 227-S.

Los Métodos de Muestreo para agregados deben estar de acuerdo con los Métodos Tentativos de Muestreo A. S. T. M. Incluyendo algunos Métodos para la Localización de Materiales (A. S. T. M. Designación: D75-39T).

#### 228-S. Métodos de Prueba.

Las pruebas con cementos Portland y Portland de Alta Resistencia a corta edad deben efectuarse de acuerdo con los

Métodos Normales de Muestreo y Pruebas Físicas del Cemento Portland (A. S. T. M. Designación: C77-39).

### 229-S.

Los agregados finos y grueso deberán ensayarse de acuerdo con lo siguiente:

a) Granulometría.—Método Normal de prueba A. S. T. M. para el Análisis Granulométrico de los Agregados Fino y Grueso (A. S. T. M. Designación: C136-39).

b) Uniformidad granulométrica.—Módulo de finura.—El módulo de finura se determinará sumando los porcentajes totales retenidos en las mallas U. S. estándar que a continuación se indican y dividiendo esta suma entre 100: mallas 3", 1½", ¾", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100.

c) Impurezas orgánicas.—Método Normal A. S. T. M. de Prueba para Impurezas Orgánicas en Arenas para Concreto (A. S. T. M. Designación: C40-33).

d) Carbón de piedra y lignito.—Método Normal A. S. T. M. de Prueba para Carbón de Piedra y Lignito en la Arena. (A. S. T. M. Designación: C123-39.)

e) Finura.—Método Normal de Prueba A. S. T. M. para la cantidad de material de finura superior a la malla N° 200, de los Agregados. (A. S. T. M. Designación: C117-37.)

f) Terrones arcillosos.—El porcentaje de terrones arcillosos se determinará una vez hecho el análisis granulométrico, examinando las fracciones retenidas en los tamices. Cualquier partícula que pueda ser rota con los dedos, se clasificará como terrón arcilloso y el porcentaje total por peso de terrones arcillosos, se fijarán tomando como base el peso total original de la muestra.

g) Resistencia del mortero.—Método normal A. S. T. M. de prueba para la resistencia estructural del agregado fino haciendo uso de un mortero con relación agua-cemento constante (A. S. T. M. Designación: C87-39).

posible colar toda la sección de una manera ininterrumpida se deberán dejar juntas de construcción en la forma y sitios indicados por los planos o el ingeniero. Estas juntas deben sujetarse a los requisitos de las secciones 508-S a 510-S.

### 415-S. Colado en temperaturas bajas.

La temperatura del concreto en el momento del colado deberá estar comprendida entre 10° C y 48° C. Durante el tiempo de heladas, se aplicarán medidas a efecto de mantener la temperatura especificada anteriormente, durante los períodos indicados en la Sección 318-S o hasta que el concreto haya endurecido. Los moldes deberán estar libres de hielo o escarcha antes de principiar el colado; una vez terminado éste, el concreto se protegerá, en todos los lugares expuestos a la intemperie, tapándolo con paja, lonas, etc. En caso de que se use estiércol como capa protectora, éste no debe quedar en contacto con el concreto. Todos los métodos utilizados para mantener la temperatura deseada tanto en la revoltura como en el colado, deben haber sido aprobados por el ingeniero. Al concreto no se le deben agregar sales, sustancias químicas o materias extrañas, con objeto de evitar la congelación.

### 416-S. Adherencia.

Antes de depositar concreto fresco sobre concreto ya endurecido es necesario revisar y apretar las cimbras o formas nuevamente; también es preciso escarificar la superficie endurecida tal como lo exija el ingeniero y limpiarla de toda partícula suelta de agregado o de concreto dañado; una vez limpia y libre de cualquier partícula extraña deberá mojarse la superficie mediante riegos de agua hasta lograr su saturación. Para asegurar un exceso de mortero en la unión formada por el concreto endurecido y el nuevo colado, es preciso cubrir por completo las superficies horizontales y verticales de la junta con una capa delgada de mortero o de mezcla, de la

**413-S. Compactación.**

a) El concreto deberá ser compactado durante y después del colado, utilizando herramientas adecuadas. En los muros angostos o en las partes inaccesibles de los moldes en donde no es posible usar varillas, espátulas o rastrillos para el acomodo del concreto, se deberá usar algún método de vibrado o, en su defecto, se podrá golpear ligeramente el molde que contenga el concreto fresco recién colado. Se procurará que el concreto penetre a todos los rincones del molde, y que cubra perfectamente el refuerzo metálico.

b) Las acumulaciones de agua que se formen en la superficie del concreto durante el colado o compactación del mismo, debidas al exceso de agua, o segregación o a causas varias, deberán evitarse dentro de lo posible, reajustando las proporciones de la mezcla. Se tendrá la precaución de removerlas antes de seguir el colado del concreto (ver Práctica Recomendada, Sección 404).

c) El ingeniero indicará cuál de los procedimientos siguientes deberá o no aplicarse:

El concreto debe compactarse mediante vibración mecánica.

El concreto puede compactarse mediante vibración mecánica.

El concreto no debe compactarse mediante vibración mecánica.

Cuando se use vibración mecánica, el ingeniero deberá aprobar la cantidad y tipo de vibradores que se usen.

**414-S. Colado continuo.**

El colado debe ser continuo en capas de espesor tal, que no haya lugar a que un colado posterior quede sobre una capa que ya haya endurecido, al grado que se produzcan planos de falla o poca resistencia dentro de la sección. Si no es

h) Sanidad.—Agregados fino y grueso.—Método Tentativo A. S. T. M. de prueba para sanidad de agregados haciendo uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio (A. S. T. M. Designación: C88-39T).

i) Resistencia al desgaste.

1º Piedra.—Método normal A. S. T. M. de prueba al desgaste de la roca, utilizando la máquina de Deval (A. S. T. M. Designación: D2-33).

2º Grava.—Método normal A. S. T. M. de prueba al desgaste de la grava, utilizando la máquina de Deval (A. S. T. M. Designación: D289-37T).

j) Peso por metro cúbico de escoria.—Método normal A. S. T. M. de prueba para el peso unitario de agregado (A. S. T. M. Designación: C29-39).

k) Peso por metro cúbico de agregados ligeros.—Método normal A. S. T. M. de prueba para el peso unitario de agregados (A. S. T. M. Designación: C29-39).

NOTA: Hay que seguir el procedimiento de separación de la Sección 6.

l) Cantidad de material volátil y combustible en los agregados.—Método normal A. S. T. M. de laboratorio para muestreo y análisis del carbón de piedra y coke (A. S. T. M. Designación: D271-37).

**REFUERZO METALICO****230-S. Barras y emparrillado de refuerzo.**

El refuerzo metálico puede consistir en varillas de acero, lisas o corrugadas; alambre acerado y estirado en frío o de acuerdo con los planos y especificaciones especiales fabricadas con éstos materiales. Los materiales citados deben sujetarse en calidad a las especificaciones normales de la A. S.

T. M.; sus designaciones en serie y títulos se dan a continuación:

### VARILLAS:

De acero de lingote para refuerzos de concreto. . . . .	A15-39
De acero de riel para refuerzo de concreto. . . . .	A16-35
De acero de ejes para refuerzo de concreto. . . . .	A160-39

### ALAMBRE:

Alambre acerado estirado en frío para refuerzo de concreto. . . . .	A82-34
---	--------

### FORMAS FABRICADAS:

Emparrillado de varillas o barras para refuerzo de concreto. . . . .	A184-39
Tela de alambre acerado soldado para refuerzo de concreto. . . . .	A185-37

### 231-S. Unidades Estructurales.

Las Secciones de Fierro colado o acero estructural que se utilicen en columnas compuestas deberán sujetarse en calidad a las especificaciones normales de la A. S. T. M. para estos materiales; su designación en serie y títulos se dan a continuación:

Tubería "pit-cast" de hierro colado para conducción de agua y otros líquidos. . . . .	A44-39T
Acero para puentes y edificios. . . . .	A7-39

mo de descarga del canalón irá provisto de un tope o palanca con charnela a fin de evitar la segregación de los ingredientes. Si la distancia del extremo del canalón a la superficie del concreto es mayor de tres veces el espesor de la capa que se esté colando (pero no mayor de 1.5 metros), deberá utilizarse una tolvilla; el extremo inferior de la tolvilla se deberá acercar cuanto sea posible a la superficie del colado. Se hará uso de una tolva almacenadora cuando la operación del colado sea intermitente. Es importante lavar el canalón antes y después de cada colado; el desecho y el agua del lavado deberán descausarse fuera de los moldes.

### 411-S. Colado neumático.

a) El equipo que se use para el colado neumático deberá ser adecuado y estar capacitado para esta clase de trabajo. La máquina debe situarse lo más cerca posible del lugar del colado. La posición del extremo de descarga de la línea no debe estar a más de 3 metros del punto de colado. Las líneas de descarga deben colocarse en posición horizontal o inclinadas hacia arriba, desde la máquina.

b) Todo el equipo se lavará y limpiará al terminarse el trabajo de colado.

### 412-S. Bombeo.

El equipo para el colado por medio de presión aplicada mecánicamente, debe ser adecuado y estar capacitado para el trabajo que se vaya a desarrollar. La calidad del trabajo de la bomba debe ser tal que garantice una corriente continua de concreto libre de bolsas de aire. El concreto que quede en la tubería, si es que se va a utilizar, una vez terminado el bombeo debe extraerse en forma tal que no provoque su contaminación o segregación de los ingredientes. Efectuada esta operación se procederá a limpiar y lavar perfectamente todo el equipo (véase Práctica Recomendada, Sección 403).

por medio de drenes adecuados o con la intervención de métodos que eviten que el concreto recién colado sea deslavado por la corriente. Si el ingeniero lo considera conveniente, los respiraderos y drenes podrán ser tapados posteriormente, cuando el concreto haya fraguado.

#### 409-S. Manejo del concreto.

a) El concreto debe llevarse directamente de la revolvedora o transporte al lugar donde vaya a ser colado, tan rápidamente como sea posible, utilizando métodos que garanticen que no habrá segregación de los ingredientes ni pérdidas de los mismos. (Véase Sección 315-S.) En ninguna circunstancia se permitirá el colado del concreto que haya comenzado a fraguar. Hay que colar en forma tal que no sea necesario el traspaleo del concreto dentro del molde. Se recomienda mantener una superficie plástica, aproximadamente horizontal, durante todo el colado de una unidad. Los moldes para muros o secciones delgadas de considerable altura, deberán ir provistos de aberturas o medios adecuados que permitan depositar el concreto, sin temor a que sufra segregaciones o a que se formen acumulaciones de concreto endurecido, en los moldes o refuerzos arriba del nivel del concreto.

b) La calidad del concreto depositada en los moldes, deberá ser la especificada; no importando los medios que se hayan utilizado para su transporte.

#### 410-S. Colado por medio de canalones.

Si el concreto se deposita por medio de canalones, éstos deberán ser de un tamaño y diseño tal que garanticen una corriente continua del material. Los canalones serán de metal o de madera con forro metálico, debiendo colocar los diferentes tramos que los formen aproximadamente con una misma pendiente. La pendiente no será menor de uno vertical a dos horizontal y en tal forma, que no produzca segregación. El extre-

## PROPORCIONAMIENTO, MEZCLADO, CURADO Y ENSAYE DEL CONCRETO

### PROPORCIONAMIENTO: ALTERNATIVA "A".

Especificaciones basadas en la resistencia y contenido de agua del concreto.

#### 301-S A. Calidad del concreto.

El fin que persigue esta especificación es el de garantizar para cada una de las diferentes partes de la obra un concreto de estructura homogénea, el cual, al fraguar tenga la resistencia requerida y pueda soportar el intemperismo. Las resistencias permisibles y contenidos de agua de la Tabla A, fueron especificados teniendo presente lo anterior. (El Ingeniero debe encontrar y asentar en la Tabla A, los valores necesarios que indiquen las características deseadas en el concreto para cada sección diferente de la obra. Para sugerencias véanse las Secciones 303, 304, 306 y 307 de Práctica Recomendada. Conforme lo exija la obra el Ingeniero deberá eliminar de la columna 2, uno de los dos términos "compresión o flexión".) Los valores citados en la Tabla A están basados suponiendo que se usa cemento Portland Común, agregados y agua, cuyas cualidades satisfacen los requisitos de las Secciones 201-S a 229-S de estas especificaciones:

TABLA "A"

CLASE	Resistencia mínima permisible a la "Compresión" "Flexión" a los 28 días en Kg/cm <sup>2</sup>	Contenido neto de agua. Máximo admisible por saco de cemento en lts.	Consistencia. Límites de Revenimiento en centímetros	Tamaño máximo del agregado en centímetros (4)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

Las resistencias se determinarán de acuerdo con los requisitos de las Secciones 321-S a 325-S. El contenido neto de agua permisible es la cantidad total de agua en la revoltura, excluyendo la cantidad que los agregados absorban.

### 302-SA. Determinación de las Proporciones.

a) Las proporciones de cemento, agregados y agua necesarios para producir un concreto que se ajuste a los requisitos de la Tabla A, deben determinarse por medio de pruebas de laboratorio utilizando el mismo cemento y agregados que vayan a emplearse en la obra. El contratista debe presentar muestras del material que se propone usar, cuando menos 35 días antes de la fecha fijada para dar principio al colado, con el fin de sujetarlas a examen y cerciorarse de que efectivamente satisfacen los requisitos. También deberá presentar, antes de dar principio a la obra, una relación de las proporciones básicas que vaya a adoptar para la revoltura de concreto. A lo anterior debe ir incluido un informe detallado procedente de algún laboratorio autorizado para pruebas o servicio de inspección, mostrando para tres diferentes contenidos de agua, cuando menos, las resistencias obtenidas a los 7 y 28 días usando los mismos materiales propuestos para el trabajo. Las determinaciones de la resistencia deben estar basadas en no menos de cinco pruebas, efectuadas con especímenes de ensaye, para cada contenido de agua y para cada edad del concreto. Exceptuando el método de muestreo las pruebas para la resistencia deberán hacerse conforme lo indican las Secciones 321-S a 325-S.

b) El Ingeniero tendrá derecho a verificar los resultados de las pruebas periódicamente, utilizando los mismos materiales; ordenando los cambios que crea convenientes con el fin de que las mezclas satisfagan las especificaciones.

c) La relación entre las resistencias obtenidas a los 7 y 28 días establecidas mediante las pruebas preliminares, ser-

cara debe mojarse perfectamente excepto cuando la temperatura pueda producir la congelación del agua.

### 405-S. Inspección.

Los moldes para muros o columnas deben estar provistos de aberturas temporales, en las bases y puntos que se juzgue conveniente, a fin de facilitar la limpieza e inspección antes de proceder al colado.

### 406-S. Remoción de los moldes.

La remoción de los moldes no deberá efectuarse antes de que el concreto tenga la resistencia necesaria para soportar su peso propio y las cargas vivas a que pudiera estar sujeto.

## COLADO DE CONCRETO

### 407-S. Generalidades.

a) Antes de proceder al colado del concreto, deberán limpiarse de toda partícula extraña o concreto endurecido, el interior de la revolvedora y el del equipo de conducción.

b) Los escombros o basuras que se encuentren en el sitio que vaya a ocupar el concreto, deben barrerse antes de proceder al colado; si los moldes son de madera se mojarán completamente (excepto en temperaturas congelantes), o se lubricarán. El refuerzo deberá estar colocado en su sitio debidamente asegurado, necesitándose el visto bueno del ingeniero antes de principiar el colado.

### 408-S. Remoción de agua.

La remoción del agua que pudiera encontrarse dentro de los moldes, u ocupando el sitio destinado al concreto, deberá efectuarse antes del colado, salvo que el ingeniero disponga lo contrario. Cualquier corriente de agua que penetre a una excavación, deberá desviarse hacia un resumidero o tiradero

verse a utilizar una madera que haya prestado servicio para moldes, si se limpia la cara que quede en contacto con el concreto, de clavos o cualquier objeto extraño.

#### 402-S. Diseño.

a) Los moldes deben estar lo suficientemente ajustados a fin de evitar la fuga del mortero. Los soportes o puntales que sostengan cada molde, o los amarres de uno con otro deberán disponerse en forma de evitar el desplazamiento de los mismos durante y después del colado. Si se presenta un claro de bastante longitud, el cual no es posible apuntalar en sus puntos intermedios, se aconseja dejar margen para la probable flecha que se calcule, debido al peso del concreto fresco colado, a fin de que los miembros terminados queden dentro de la línea o elevación indicadas por el plano. Se deberá colocar entramado si la cimentación no es propia para puntales.

b) Para los amarres interiores es preferible usar pernos o varillas; deben colocarse en forma tal, que al quitar los moldes queden cuando menos a 2.5 cm. de cualquier superficie. Los puntales que sostengan una sucesión de pisos deben colocarse de manera que los de arriba descansen directamente sobre los de abajo, o diseñados y colocados en forma tal que la carga de los superiores se transmita directamente a los inferiores.

#### 403-S. Chaflanes.

Siempre que no se especifique lo contrario se deberán colocar piezas adecuadas en los ángulos de los moldes con el fin de redondear o achaflanar las aristas de la estructura.

#### 404-S. Lubricación.

La cara interior de los moldes debe ir barnizada con una capa de aceite o algún sustituto adecuado que no vaya a manchar la superficie del concreto. Si el molde es de madera, la

virá para determinar la resistencia a los 7 días, que satisfagan los requisitos de resistencia a los 28 días, de la Tabla A. Esta relación podrá modificarse durante la ejecución de la obra si las pruebas posteriores así lo exigen (Sección 320-S).

#### 303-SA. Registro de pruebas anteriores.

En caso que el contratista presente informes fidedignos de pruebas efectuadas anteriormente con un concreto constituido con materiales de la misma fuente y de la misma calidad, en conexión con trabajos usuales, el ingeniero puede autorizar el que se omitan todas o parte de las pruebas de resistencia antes especificadas.

#### 304-SA. Trabajabilidad del concreto.

El concreto deberá tener una consistencia y composición tales que sea fácilmente manejable, de manera que llegue sin dificultad a las esquinas y ángulos de los moldes y alrededor del refuerzo sin que se efectúe segregación alguna de sus ingredientes ni la acumulación de agua libre en la superficie. Sujetándose a los requisitos de la Tabla A, el contratista podrá ajustar las proporciones de cemento y agregados de manera que el producto sea fácilmente manejable, tomando en consideración los métodos de colado y compactación usados en el trabajo.

#### 305-SA. Cambios en la consistencia cuando se utiliza vibrado mecánico.

Se podrán modificar las consistencias límites de la Tabla A, previa aprobación del ingeniero, si se utilizan vibradores mecánicos de alta frecuencia. Sin embargo, las consistencias y proporciones modificadas deben ser tales que los requisitos de la Sección 304-SA sean satisfechos totalmente,

### 306-SA. Cambios de proporciones o materiales ordenados por el ingeniero.

Si durante la ejecución de la obra se encuentra imposible la obtención de un concreto de la manejabilidad y resistencia requeridas, con el material que el contratista esté proporcionando el ingeniero puede dictar los cambios convenientes de material o proporciones, o de ambos, a fin de obtener las propiedades deseadas para el concreto, pero teniendo en consideración que el cambio dictado no contravenga los requisitos límites de la Tabla A. Cualquier modificación de esta naturaleza se hará a expensas del contratista, el cual no recibirá compensación extraordinaria por razón de estos cambios.

### 307-SA. Cambios de material efectuados por el Contratista.

Si durante el desarrollo del trabajo el contratista desea utilizar materiales que no le hayan sido aprobados originalmente, o bien que las características de los aprobados hayan cambiado, deberá someter a la aprobación del ingeniero las nuevas combinaciones de materiales, comprobando que reúnan los requisitos de la Tabla "A" y que su empleo no será causa de un cambio objetable en el color o apariencia de la estructura.

### 308-SA. Cambios en los requisitos.

En cualquier momento durante la ejecución del trabajo y sin tomar en cuenta las limitaciones estipuladas en la Tabla "A", el propietario de la obra tendrá derecho de hacer los cambios de materiales o proporciones que considere necesarios a fin de que su estructura se ajuste a las especificaciones. En este caso se deberá compensar al contratista, de acuerdo con las condiciones estipuladas en el contrato original, por la erogación adicional debida al costo de los nuevos materiales, acarreo o manejo excedente de los mismos, etc.

se efectuará a expensas del contratista, el cual no podrá exigir remuneración adicional alguna. Este curado adicional, si el ingeniero lo juzga necesario, podrá consistir en prolongar los períodos de protección especificados en la Sección 318-S. En ningún caso se le podrá exigir al contratista que el curado se prolongue por más de 21 días, excepto cuando el promedio de resistencia de los especímenes representativos del colado efectuado durante 3 días consecutivos sea menor del 80% del valor especificado en la Tabla A, Sección 310-SA. En este caso el curado deberá prolongarse hasta que las muestras obtenidas extrayendo corazones de la estructura en cuestión, demuestren que el concreto ha alcanzado una resistencia promedio igual a la especificada. Estas muestras obtenidas mediante máquinas perforadoras giratorias, deben ser de un diámetro aproximadamente tres veces mayor al tamaño máximo del agregado; se deberán obtener, cabecear y ensayar conforme a los métodos normales de Obtención de especímenes de concreto endurecido en la estructura misma (A. S. T. M. Designación: C42-39).

## MOLDES Y COLADO

### MOLDES

#### 401-S. Generalidades.

Los moldes o formas deberán ajustarse a la configuración, líneas, elevaciones y dimensiones que vaya a tener el concreto según lo indiquen los planos. La madera de los moldes para superficies expuestas deberá estar acabada y acepillada a espesores uniformes y libre de nudos u otros defectos. Si se persigue una agradable presentación de la superficie expuesta, será necesario que las uniones de los moldes se hagan en forma horizontal o vertical. La madera no acepillada podrá utilizarse solamente para superficies no expuestas. Podrá vol-

## OBSERVANCIA DE LOS REQUISITOS RESPECTO A LA RESISTENCIA

### 326-SA. El concreto no satisface los requisitos.

El ingeniero tendrá el derecho de ordenar los cambios necesarios en las proporciones (enumerados en la Sección 306-SA), con objeto de obtener un producto satisfactorio, si las resistencias obtenidas con los especímenes de prueba, mediante las pruebas efectuadas conforme a las especificaciones de la Sección 320-S, demuestran ser inferiores a los valores dados en la Sección 301-SA; más aún, el ingeniero tendrá derecho a exigir una cura adicional, conforme a las especificaciones de la Sección 328-SA, de las partes de la estructura en que las pruebas demuestran que no satisfacen los requisitos. Se podrá exigir reforzar o substituir aquellas partes fallas, si la cura adicional no mejora la calidad del concreto elevando su resistencia hasta la requerida.

### 327-SA. Definición de falla.

Se considerará que los especímenes han fallado cuando el promedio de resistencia para cualquier período de colado es menor a los valores indicados en la Tabla a continuación:

Número de días consecutivos Colado de cualquier clase de concreto	Porcentaje de resistencia Especificada en la Sección 301-SA
1	85
2	90
3	95
5 o más	100

### 328-SA. Curado adicional.

Si el ingeniero ordena el curado adicional de ciertas partes de una estructura, de acuerdo con la Sección 326-SA, éste

### 309-SA. Concreto hecho con cemento Portland de Alta Resistencia a corta edad.

Los requisitos asentados en la Tabla "A" seguirán siendo aplicables cuando se use cemento Portland de alta resistencia a corta edad en substitución del cemento Portland común, excepto que, la "resistencia mínima permisible a los 28 días" especificada para el cemento Portland común, deberá substituirse por la "resistencia mínima permisible a los 7 días". Las edades del concreto al tomarse las pruebas respectivas deberán ser 3 y 7 días respectivamente en lugar de 7 y 28 días especificadas para el cemento Portland común.

### PROPORCIONAMIENTO: ALTERNATIVA "B"

Especificaciones basadas principalmente en el contenido de cemento.

### 301-SB. Proporciones.

Las proporciones de todo concreto deberán sujetarse a lo indicado en la Tabla "B".

### 302-SB. Factor Cemento.

El factor cemento dado en la columna 3 de la Tabla B, indica el peso del cemento por m<sup>3</sup> de concreto fresco, es decir en condiciones de revoltura. El volumen del concreto fresco estará formado por el volumen absoluto del cemento, más el volumen del agua de mezclado, más el volumen desplazado por los agregados saturados y superficialmente secos. La cantidad de agua de mezclado que se considere en el cálculo no incluye el agua absorbida por los agregados.

### 303-SB. Variación en las proporciones.

Con aprobación del ingeniero el porcentaje de agregado fino puede ser variado dentro de los límites estipulados, con

el propósito de obtener un producto de buena manejabilidad, denso, homogéneo, plástico, libre de segregaciones, etc. Las resistencias estimadas para los 28 días, asentadas en la columna 2 de la Tabla B, son las usadas en los cálculos para diseño.

Durante la ejecución de los trabajos, el ingeniero deberá verificar las resistencias del concreto mediante pruebas al efecto, conforme lo estipulado en las Secciones 321-S- a 325-S. Se podrán tomar las resistencias a los 7 días como una indicación satisfactoria de las resistencias a los 28 días, siempre que se haya establecido, mediante pruebas preliminares, una relación entre las 2 resistencias citadas (7 y 28 días).

Cuando se presente la necesidad de aumentar la proporción de cemento con objeto de reunir los requisitos prescritos para el concreto, dicho aumento se deberá ejecutar conforme a lo que el ingeniero ordene. El contratista percibirá remuneración extraordinaria por este gasto adicional. Asimismo, si resulta suficiente menor cantidad de cemento que la estipulada para la producción del concreto con las características requeridas, el ingeniero dictará las reducciones necesarias e igualmente deberá haber un reajuste en precios con el contratista, que equivalga al ahorro efectuado. (Véase Tabla "B". Pág. 173).

#### 304-SB. Contenido de agua y límites de revenimiento.

La cantidad máxima de agua por saco de 50 Kg. de cemento, especificada en la Tabla B, debe incluir el volumen de agua libre en los agregados; sin embargo, no se incluirá la humedad de absorción de los mismos. Los límites de revenimiento indicados en la Tabla B tienen como fin servir al contratista de guía para la determinación de los procedimientos de colado, compactación y elección de equipo. Dentro de los límites de revenimiento especificados, éste debe ser señalado directamente por el ingeniero. Si el concreto resulta con un

rio se mantendrán bajo condiciones de humedad y temperatura adecuadas para su cura (esta temperatura es de 21° C, con variaciones permisibles hasta de más o menos 3° C), hasta el momento de ensayarlos, lo cual se efectuará con los especímenes húmedos.

NOTA: La temperatura y demás condiciones de almacenamiento de los cilindros de prueba durante los primeros días, son factores de vital importancia que afectan los resultados de las pruebas de resistencia.

El propósito de esta especificación es el de que los requisitos aquí señalados se cumplan minuciosamente; sin embargo, los detalles de almacenamiento y transporte podrán ser los más compatibles con la naturaleza de la obra en ejecución.

#### 323-S. Edad.

Las pruebas se efectuarán cuando los especímenes de prueba tengan la edad que corresponda a las resistencias especificadas en las Tablas A o B.

#### 324-S. Pruebas de compresión.

Los métodos de moldeo, cabeceo, ensaye y tamaño de los cilindros de prueba a la compresión deberán ajustarse al método de prueba A. S. T. M. de Resistencia del Concreto a la Compresión (Designación C-39).

#### 325-S. Pruebas de flexión.

El método de moldeo y prueba, así como la forma y tamaño de los especímenes deben estar de acuerdo con el método de prueba A. S. T. M. de Resistencia del Concreto a la Flexión (método de laboratorio en el cual se usa una viga simple con carga en el tercio del claro; A. S. T. M. Designación C-78-39).

## PRUEBAS DE CONCRETO EFECTUADAS EN LA OBRA

### 320-S. Pruebas de campo.

Durante la ejecución de la obra el ingeniero deberá realizar las pruebas que crea necesarias para determinar si efectivamente el concreto en producción, reúne la calidad especificada en la Sección 301-S a) o b). Estas pruebas deberán hacerse de acuerdo con lo estipulado en las Secciones 321-S a 325-S. Es obligación del contratista cooperar en la realización de dichas pruebas permitiendo un acceso ilimitado a la obra para la obtención de muestras, el almacenamiento y protección contra pérdida o daño de las mismas.

### 321-S. Especímenes de prueba.

Por regla general se deberán hacer 3 cilindros o bloques de prueba de cada clase de concreto colado durante el día. En casos especiales este número de especímenes de control podrá ser mayor, si en opinión del ingeniero así fuere necesario. Sin embargo, al contratista no se le debe exigir que suministre para estas muestras adicionales, más de 0.05 m<sup>3</sup> por cada 75 m<sup>3</sup> de colado.

### 322-S. Muestreo y curado de los especímenes de prueba.

El concreto para los cilindros de prueba debe tomarse de la revolvedora o del transporte, si aquel se acarrea desde algún punto distante. Cuando se haga necesario tomar muestras de algunos otros lugares el ingeniero lo indicará y señalará dichos lugares. Los especímenes de prueba deberán colarse dentro de los moldes (cilindros o cubos), inmediatamente después de haber tomado de la obra las cantidades de revolturas necesarias para tal efecto, debiendo colocarse en un lugar protegido en donde se mantendrá la humedad necesaria para su cura a una temperatura de 21° C, durante las primeras 24 horas, pasadas las cuales se trasladarán al laboratorio. En el laborato-

T A B L A "B"

CLASE DE CONCRETO	Resistencia a la "compresión" "flexión" estimada para los 28 días Kg/cm <sup>2</sup>	Factor cemento; sacos de 50 Kg/m <sup>3</sup> de concreto	Máximo de agua para 50 Kg. de cemento en litros	Tamaño máximo del agregado en cm.	Agregado Fino; % total en peso de agregado (Límites)*	Límites de Revenimiento en cm.	Pesos aproximados de los agregados saturados y superficialmente secos por saco de 50 Kg. de cemento	
							Agregado Fino	Agregado Grueso
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

NOTA: El ingeniero deberá encontrar y asentar en la Tabla B, los valores necesarios que indiquen las características deseadas en el concreto para cada sección de la obra. Para sugerencias véanse las Secciones 305 y 307 de la Práctica Recomendada. Conforme lo exija el trabajo el ingeniero deberá eliminar de la columna 2 uno de los términos "flexión" o "compresión".

Los pesos aproximados asentados en las columnas 8 y 9 se determinarán suponiendo que los agregados están saturados y superficialmente secos, y que su densidad es de 2.65.

revenimiento mayor al máximo indicado, se deberá reducir la cantidad de agua, hasta lograr el revenimiento deseado. Por otra parte, si el concreto resulta con un revenimiento inferior al límite mínimo estipulado, se deberán efectuar los cambios necesarios en la revoltura conforme lo indica la Sección 303-SB.

### 305-SB. Cambios en la consistencia cuando se utiliza vibrado mecánico.

Cuando se utilice vibrado mecánico de alta frecuencia para la compactación del concreto, las proporciones y consistencias de la Tabla B pueden modificarse con el fin de producir el tipo del concreto especificado en las Secciones 303-SB y 304-SB.

### 306-SB. Concreto hecho con cemento Portland de alta resistencia a corta edad.

Los requisitos asentados en la Tabla B seguirán siendo aplicables cuando se use el cemento Portland de alta resistencia a corta edad, en substitución del cemento Portland común excepto que, la "resistencia mínima apetecible a los 28 días" especificada para el cemento Portland común deberá substituirse por la "resistencia mínima permisible a los 7 días". Las edades de prueba del concreto deberán ser 3 y 7 días respectivamente en lugar de 7 y 28 días.

### 310-S. Medición de los materiales.

a) La medición de los materiales deberá hacerse por peso excepto cuando se hayan dictado medidas o especificaciones al contrario autorizadas por el ingeniero. Los aparatos suministrados para pesar los agregados y el cemento deben estar satisfactoriamente diseñados y construídos para este fin. El cemento y cada tamaño de agregado deben pesarse por separado. La exactitud de los aparatos para pesar debe ser

## CURADO DEL CONCRETO

### 318-S. Protección.

a) Con excepción del concreto catalogado en el inciso c) de esta Sección, todo el concreto colado siguiendo estas especificaciones deberá protegerse a fin de evitar un descenso de temperatura, en su superficie, menor a 10° C.; asimismo se protegerá contra la pérdida de humedad superficial durante los períodos de tiempo indicados a continuación:

- |  |        |
|--|--------|
| 1º Cuando se use cemento Portland común..    | 7 días |
| 2º Cuando se use cemento de alta resistencia |        |
| a corta edad .....                           | 3 días |

b) El contratista deberá recabar el visto bueno del ingeniero, para los métodos que se proponga usar como medida de protección contra las bajas temperaturas.

c) Los requisitos a y b relativos a la temperatura son aplicables al concreto colado en cualquier estación del año o en aquellas regiones en que exista la posibilidad de congelación o temperaturas bajas prolongadas. No serían aplicables en lugares en los cuales una temperatura menos de 5° C fuera rara; sin embargo, el concreto bajo todas circunstancias deberá estar protegido contra la congelación durante las primeras 72 horas si se trata de cemento Portland común y durante las 24 horas iniciales si se utilizó cemento Portland de alta resistencia a corta edad.

d) Debe evitarse la pérdida de humedad de la superficie del concreto, conservándola continuamente húmeda, para lo cual puede seguirse cualquiera de los siguientes métodos:

(El ingeniero deberá enumerar los métodos más indicados para el caso. Para sugerencias véase Práctica Recomendada, Sección 309 b).)

**314-S. Revoltura parcial en la planta central.**

Cuando se use para el transporte un camión revolvedora o un agitador provisto de paletas adecuadas para el mezclado, el tiempo de duración de éste en la planta revolvedora estacionaria puede reducirse a 30 segundos; efectuando el resto de la operación en el camión revolvedora o en el agitador. El tiempo de mezclado en el camión revolvedora o en el agitador equipado con paletas adecuadas para el mezclado, se especifica en la Sección 313-S.

**315-S. Duración del acarreo del concreto.**

El concreto transportado por medio de camión revolvedora, agitador o algún otro medio deberá descargarse en la obra dentro de una hora y media a partir del momento en que a los agregados (ver Sec. 308 de Práctica Recomendada) o al agua, se les sumó el cemento. El volumen máximo del concreto transportado por un agitador deberá estar de acuerdo con los límites especificados.

**316-S. Revoltura a mano.**

Cuando se autorice el mezclado a mano, deberá usarse una plataforma a prueba de fugas de agua, procediendo de manera que el producto que se obtenga presente una distribución homogénea de sus ingredientes. El mezclado se continuará hasta obtener una mezcla homogénea con la consistencia requerida.

**317-S. Reajuste en las proporciones.**

No se permitirá el reajuste de las proporciones de un concreto o mortero parcialmente endurecido, ya sea que se pretenda agregarle nuevas cantidades de agua, agregados o cemento.

tal, que sea posible medir las diferentes cantidades sucesivas dentro de un límite de error de 1% respecto a la cantidad en realidad deseada. No habrá necesidad de pesar el cemento que venga en envases normales (sacos); en cambio, cuando se reciba en masa, o en bultos cuyos pesos se desconocen, sí deberá ser pesado. El agua para revoltura podrá medirse por peso o por volumen. El aparato para medir el agua debe estar capacitado para controlar el volumen o peso dentro de un margen de error de más o menos un medio por ciento de la capacidad total del tanque utilizado. Todos los aparatos destinados a la medición de los materiales deben sujetarse a aprobación previa.

b) Las proporciones en peso podrán convertirse en volumétricas cuando el ingeniero haya autorizado este último sistema. En este caso, se deberá permitir margen suficiente para compensar las variaciones relativas a la humedad de los agregados, incluyendo el efecto de abundamiento por humedad del agregado fino.

**MEZCLADO****311-S. Equipo.**

El equipo de mezclado debe ser capaz de combinar los agregados, cemento y agua dentro del límite de tiempo especificado, proporcionando una masa uniforme y homogénea; igualmente deberá efectuar la descarga de la mezcla sin que haya segregación de los ingredientes.

**312-S. Mezclado a Máquina. (En el sitio o en una planta central de mezclado).**

La revoltura de concreto deberá efectuarse en una revolvedora de tipo aprobado, siempre que el ingeniero no haya ordenado lo contrario, que garantice una masa cuyos ingredientes estén uniformemente distribuidos. El equipo de

la planta revolventora será construido de manera que todos los materiales, inclusive el agua, que han de entrar al tambor revolventor puedan ser proporcionados y controlados con precisión. Cada revoltura deberá vaciarse completamente antes de proceder a cargar la siguiente. El volumen de la revoltura no deberá exceder al límite de capacidad especificado por el fabricante. La duración de cada mezclado debe ser conforme lo indican los períodos a continuación, exceptuando lo estipulado en la Sección 314-S. Durante el tiempo de mezclado la velocidad periférica del tambor debe ser aproximadamente de unos 60 metros por minuto.

El tiempo de mezclado se contará a partir del momento en que estando el tambor en movimiento, todos los materiales sólidos se encuentren dentro del mismo; el total de agua necesaria se terminará de agregar antes que haya transcurrido la cuarta parte del tiempo total de mezclado.

El tiempo de mezclado debe ser como sigue:

1º—Para revolventoras con capacidad de una yarda cúbica o menos: 1 minuto.

2º—A las revolventoras con capacidad mayor de una yarda cúbica se les aumentará 15 segundos por cada media yarda cúbica o fracción de ésta que exceda de la yarda cúbica inicial.

NOTA:—Cuando a juicio del Ingeniero es necesario un tiempo de mezclado mayor, éste será fijado directamente por él.

### 313-S. Camiones revolventoras.

A menos de que el Ingeniero autorice otra cosa, los camiones revolventoras deberán ser del tipo de tambor giratorio, a prueba de fugas de agua y de una construcción que garantice un producto con sus ingredientes uniformemente distribuidos. Todos los materiales sólidos que intervengan para formar el concreto deberán ser medidos con la precisión que

exige la Sección 310-S, e introducidos dentro del tambor revolventor en la misma planta proporcionadora. Subsecuentemente si así se desea, se podrá equipar al camión revolventora con un tanque para el agua de mezclado. El tanque en cuestión deberá contener solamente el agua indispensable para cada revoltura, exceptuando el caso en que esté provisto de un mecanismo regulador que permita verificar rápidamente la cantidad de agua que se mezcle. No será necesario el tanque si el agua puede vaciarse por otros métodos dentro del tambor revolventor. Puede ser necesario que al camión revolventora se le dote de un mecanismo por medio del cual se le facilite al ingeniero verificar el tiempo de mezclado. El volumen máximo de las revolturas para camiones revolventoras estará de acuerdo con los límites especificados (ver Práctica Recomendada, Sección 308). Esta clase de revolventoras deben efectuar cuando menos 50 revoluciones consecutivas, después que todos los ingredientes, incluyendo el agua, estén dentro del tambor. La velocidad no debe ser menor de 4 r. p. m., ni mayor que aquella que produzca una velocidad periférica del tambor superior a 70 mts. por minuto. Si la velocidad es de 6 r. p. m., el tambor no deberá hacerse girar más de 150 revoluciones consecutivas. El mezclado debe efectuarse dentro de los 30 minutos contados a partir del momento en que al cemento se le agregó el agua o los agregados. (Este límite de tiempo se reducirá a 15 minutos si al momento de cargar el cemento en el tambor de la revolventora, éste ya contiene agua o agregados superficialmente húmedos y la temperatura ambiente es de unos 26° C, o bien cuando se utilice cemento de alta resistencia a corta edad; la limitación de tiempo impuesta entre el momento en que el cemento queda en contacto con los agregados y el principio del mezclado, puede omitirse siempre que, a juicio del ingeniero, los agregados se encuentren suficientemente libres de humedad, de manera de no producir efectos perjudiciales sobre el cemento.)

	Práctica Recom. Sec. N°	Especific. Sec. N°
Acero (Ver refuerzo).		
Resistencia. Especificaciones .....	304 (a)	
Cumplimiento de los requisitos..	312	326-SA - 328-SA
Acabado de superficies (Ver Pin- tura) .....	701-731	
Tratamiento de superficies. (Ver Tratamiento Protectores) ....	613	
Granito artificial .....	716-726	
Ensayes.		
Agregados .....		226-S - 229-S
Concreto .....	310,311	320-S - 325-S
Esfuerzos unitarios .....	878	
Vibrado .....	307-404-405	305-SA, 305-SB
Razón agua-cemento .....	301-305	301-SA - 303-SA, 304-SB
Agua .....	204	205-S, 206-S
Impermeabilidad .....	601-614	
Superficies de desgaste .....	710-726	
Protección contra la intemperie.....	606	
Refuerzo a la tensión diagonal en vigas .....	818-819-830	
Esfuerzos del viento y de los tem- blores .....	862-878	
Manejabilidad del concreto (Ver con- sistencia).		
Fatigas de trabajo .....	878	

#### 422-S. Mortero aplicado neumáticamente.

a) Generalidades. Esta sección se refiere a la aplicación neumática, por medio de mecanismos adecuados y a cargo de operarios competentes, de una mezcla de arena y cemento a la cual se le agrega el agua inmediatamente antes de ser expulsada por un chiflón.

b) Calidad de los materiales. La calidad del cemento, arena y agua deberá sujetarse a los requisitos de las secciones 201-S a 213-S.

c) Proporciones. La proporción cemento-arena deberá basarse en los volúmenes de estos materiales secos y sueltos. No deberá ser menor de 1 : 4 si se trata de cubrir miembros de acero, 1 : 3 para reparaciones en el concreto y 1 : 4.5 para revestimiento de canales.

d) Contenido de agua. El contenido de agua deberá mantenerse dentro de un mínimo práctico, que no exceda de 13 litros por saco de cemento.

e) Mezclado. El cemento y la arena deberán haber sido revueltos perfectamente antes de su introducción a la máquina. La humedad de la arena no debe ser menor de 4%.

f) Velocidad en el Chiflón. La velocidad del material que sale por el chiflón de la manguera, deberá mantenerse uniforme y dentro de los límites determinados por las condiciones de la obra en particular, y por la conveniencia de garantizar el rebote mínimo del material.

g) Posición del chiflón. El chiflón deberá colocarse en una posición y distancia tales que la corriente de material choque aproximadamente en ángulo recto con la superficie que se está cubriendo y sin que produzca un impacto excesivo.

h) Arena rebotada. Antes de aplicar una nueva capa de revestimiento sobre una superficie anteriormente revestida,

deberá limpiarse ésta de todas las acumulaciones de arena suelta que pudieran haberse formado a causa del rebote.

i) Cimbrado. Las cimbras deberán ser suficientemente resistentes y de diseño apropiado para permitir la extracción de las acumulaciones de arena rebotada. Se podrán colocar tiras de madera en las esquinas, ejes y superficies, a manera de guías, para obtener las líneas y espesores deseados.

j) Juntas. Al finalizar el trabajo de cada día, la orilla del mortero aplicado neumáticamente deberá acabarse en forma de rampa o declive prolongado, de manera de obtener una superficie amplia para la junta. La porción de rampa deberá limpiarse y mojarse antes de proceder a colocar la sección adyacente de recubrimiento.

k) Adherencia. Las superficies que vayan a revestirse con esta clase de mortero, deberán limpiarse previamente de toda clase de pintura, grasa, suciedad, materia orgánica o partículas sueltas; si la superficie tiene propiedades absorbentes se deberá mojar antes de la aplicación del mortero.

l) Curado. El revestimiento con mortero aplicado neumáticamente deberá protegerse en forma tal que se eviten tanto la disminución de temperatura hasta un punto inferior a 10° C., como la pérdida de humedad superficial durante los períodos a continuación:

1º Si se utiliza cemento Portland común, 7 días.

2º Si se utiliza cemento Portland de alta resistencia a corta edad, 3 días.

Si la temperatura ambiente es de 10° C o menos, el revestimiento del mortero aplicado con este método, se ejecutará solamente a juicio y bajo la responsabilidad del ingeniero.

m) Refuerzo. El refuerzo necesario deberá ajustarse a los requisitos estructurales y podrá consistir de emparrillado o de varillas redondas colocadas a una distancia, una de la otra, no menor de 5 cm., ni mayor de 10 cm. No se usarán

	Práctica Recom. Sec. N°	Especific. Sec. N°
Procedimientos impermeabilizantes y protectores del concreto (Ver Pinturas) .....	601-605-614	
Diseño .....	801-878	
Refuerzo metálico .....	213-216	230-S - 231-S
Espaciamiento y recubrimiento.	504-854	
Columnas con refuerzo helicoidal	854-855	
Compresión en trabes .....	804(c)	
Manejo y colocación .....		501-S, 504-S
Protección contra incendios....	505	
Construcción de losas planas...	843-845	
Protección contra la humedad...	506-608	505-S
Traslapes en las columnas ....	503-854 (c)	
Aplicación neumática del mortero .....	406(m)	422-S (m)
Tamaños recomendados .....	216	
Empalmes .....	502	506-S
Tensión diagonal en vigas.....	818-819 -830	
Cargas de trabajo.....	878	
Muros de retención.....	872-877	
Reajuste en las proporciones....		317-S
Agregado de cascote .....		220-S, 419-S
Concreto expuesto al agua del mar.		
Detalles de construcción.....	501	
Requisitos para varias condiciones de exposición .....	303	
Protección del refuerzo .....	507	
Esfuerzo cortante (Ver tensión diagonal y esfuerzo.)		
Contracción (Ver expansión y contracción.)		
Losas en un sentido.....	804-808	
Losas en dos sentidos.....	809-815	
Losas planas .....	831-850	
Sanidad de los agregados.....	209	213-S, 217-S, 229-S

	Práctica Recom. Sec. N°	Especific. Sec. N°
Mezclado de concreto.....		311-S - 316-S
Equipo .....		311-S - 314-S
Revoltura a mano.....		316-S
Pre-revuelto .....	308	312-S, 314-S, 315-S
Tiempo de mezclado .....	308	312-S - 314-S
Camiones revolventoras .....		313-S
Mortero (Ver aplicación neumática de Mortero).		
Pruebas de resistencia (Ver agregado)		
Impermeabilización con cemento Portland .....	611	
Pinturas .....	729-731	
Pavimentos de concreto, cualidades..	308	
Pedestales .....	870-871	
Colado del concreto .....	402-406	305-SA, 305-SB, 407-S - 422-S
En canalones .....		410-S
En temperaturas bajas (Ver curado) .....		415-S
Consistencia y tamaño del agre- gado .....	307	
Manejo .....		409-S
Neumático .....	402-406	411-S
Bombeado .....	403	412-S
Vibrado .....	307-404	
Aplicación neumática del mortero... Protección contra la humedad... Refuerzo .....	406 506 406(m)	422-S
Proporciónamiento del concreto.....	302	
Resistencias especificadas y con- tenidos de agua (Alternativa "A") .....	302-304,312	301-SA - 309-SA-
Revolturas específicas (Alternativa "B") .....	302-305	301-SB - 306-SB
Superficies de desgaste (Propor- ciones) .....	713	

diámetros menores al del alambre Núm. 12. El área del refuerzo deberá ser cuando menos el 0.2% de la sección transversal del mortero y deberá colocarse a una distancia no menor de 6 mm. de la superficie no expuesta del mortero y no menos de 19 mm., en el caso de la superficie expuesta.

NOTA: Para Práctica Recomendada véase la Sección 406 para la aplicación neumática del mortero.

## DETALLES DE CONSTRUCCION

### MANEJO DEL REFUERZO METALICO

#### 501-S. Limpado.

Es necesario limpiar el refuerzo, antes de colocarlo en su posición, de toda partícula adherida como orín, rebaba, hielo, etc., que puedan reducir o eliminar la adherencia. El refuerzo metálico debe sujetarse a una inspección final y limpiado, si es necesario, antes de proceder al colado.

#### 502-S. Fabricación.

Al refuerzo se le deberá dar las formas y tamaños indicados por los planos. Los estribos y varillas de amarre deberán doblarse sobre un perno que tenga un diámetro no menor de dos veces el espesor mínimo de la varilla de refuerzo. Los dobleces para las otras varillas deberán hacerse alrededor de un perno cuyo diámetro sea cuando menos seis veces el espesor mínimo de las varillas, excepto cuando se trate de varillas de espesor mayor de 2.5 cm., las cuales deberán doblarse utilizando un perno cuyo diámetro sea igual a ocho veces el diámetro de la varilla. Todos los dobleces deberán hacerse en frío.

#### 503-S. Enderezado y redoblado de las varillas.

El enderezado y doblado de las varillas no debe repetirse tanto que afecte al material. No deberán usarse aquellas va-

rillas que presenten dobladuras o quiebras que no aparezcan en los planos. Se podrá calentar el refuerzo a fin de facilitar su doblado solamente cuando el ingeniero apruebe la operación.

#### 504-S. Colocación del refuerzo.

a) El refuerzo metálico deberá colocarse en su posición correcta y asegurarlo contra posibles desplazamientos, usando para este fin amarres con alambre recocido y grapas especiales para el caso, en las intersecciones de las varillas. Todo el refuerzo deberá estar sostenido por soportes metálicos o de concreto, espaciadores o suspensores metálicos. Los soportes, espaciadores, etc. no deberán estar en contacto con las cimbras si así lo piden los planos o especificaciones.

b) La distancia mínima, centro a centro entre dos varillas paralelas, debe ser cuando menos  $2\frac{1}{2}$  veces su diámetro si se trata de varillas redondas o 3 veces la dimensión lateral, si se trata de varillas cuadradas; en ningún caso el espacio libre entre dos varillas deberá ser menor de  $1\frac{1}{2}$  veces el tamaño máximo del agregado grueso ni inferior a 2.5 cm., en vigas, ni a 3.8 cm., en columnas. Las varillas paralelas a la superficie exterior de un miembro no expuesto a la intemperie deberán quedar protegidas por un recubrimiento de concreto, de espesor no menor a su diámetro o a su magnitud diagonal, si se trata de varillas cuadradas, pero en ningún caso se podrá reducir dicho recubrimiento a menos de 19 mm., ni a menos de lo indicado por los planos o a lo requerido en la Sección 505-S.

#### 505-S. Protección contra la humedad.

a) En aquellas superficies de cimientos o de otros miembros estructurales principales en los cuales el concreto se deposita directamente en contacto con el suelo, el refuerzo metálico deberá tener un mínimo de recubrimiento de 7.5 cm. En

	Práctica Recom. Sec. N°	Especific. Sec. N°
Requisitos del Concreto para varias condiciones de exposición.....	303	320-S - 325-S
Pruebas en el Campo .....	310-311	
Acabado (Ver acabado de superficies)		
Agregados para estructuras a prueba de incendios .....	211	
Requisitos:		
Agregados .....	211	
Refuerzo .....	505	
Cimientos .....	863-871	
Combinados .....	868	
Secciones Críticas .....	866	
Esfuerzo Cortante y Tensión Diagonal .....	821	
Pedestales y cimientos de pedestal con carga concéntrica...	871	
Concreto simple .....	867	
Losa corrida .....	869	
Transmisión de esfuerzos en la base de la columna.....	870	
Cargas de Trabajo .....	864-865-878	
Cimbras y colado .....	401-702	401-S - 406-S
Diseño de marcos, trabes y losas de un sentido .....	804-808	
Momentos flexionantes .....	805	
Impacto:		
Juntas (Ver anclaje para nuevos y futuros colados).		
Construcción .....	513	508-S - 511-S
Expansión y contracción .....	509	508-S
De expansión en edificios largos	510	
En estructuras en "L", "T", o en "U". .....	510	
Muros de retención .....	511-877	
Impermeables .....	514	511-S
Agregados ligeros .....	210	222-S - 224-S, 229-S
Sobrecargas .....	803	
Medición de los materiales.....		310-S

	Práctica Recom. Sec. N°	Especific. Sec. N°
Consistencia y tamaño del agregado:		
Concreto .....	307	304-SA, 305-SA, 305-SB
Detalles de diseño y construcción.....	501-514	
Concreto, Ciclópeo .....		221-S, 418-S
Curado del Concreto .....	309	318-S 328-SA
Adicional .....		
Especificaciones de la Sociedad de Ingenieros de Ferrocarril .....	309	
Pruebas en el campo.....	310-311	
Métodos y requisitos .....	309	
Prevención de la humedad causada por capilaridad .....	607	
Acabados decorativos (Ver acabados de superficies) .....	704-709	
Decorados precolados .....	705-706	
Definiciones. ....	102	
Substancias deletéreas (Ver Agre- gados).		
Colocación del Concreto (Ver Colado)		
Tensión diagonal y esfuerzo cortante	816-822	
Vigas, Trabes y Marcos.....	817	
Anclajes en los extremos del refuerzo .....	826-829	
Cimientos .....	821	
Losas planas (Flat Slabs).....	820	
Losas de dos sentidos.....	813	
Refuerzo para esfuerzo cortante en vigas y trabes .....	818-819	
Vigas acarteladas .....	822	
Cargas de Trabajo .....	878	
Requisitos del Concreto para varias condiciones de exposición .....	303	
Temblores:		
Cargas .....	803	
Esfuerzos .....	862-878	
Detalles de diseño y construcción (Ver Juntas) .....	501	

otras superficies de concreto expuestas a severas condiciones de intemperismo, el refuerzo metálico deberá quedar protegido por no menos de 5 cm de recubrimiento si se trata de varillas de un diámetro igual o mayor a 16 mm. y de 3.8 cm para diámetros inferiores al indicado. El recubrimiento en la cara inferior de losas expuestas a la intemperie, deberá ser de 2.5 cm.

#### 506-S. Empalme de las varillas.

Las características de los empalmes en el refuerzo en sitios no indicados en los planos, deberán ser determinadas por el ingeniero. En tales empalmes, las varillas se deberán poner en contacto y en seguida se sujetarán con alambre. Los empalmes en varillas adyacentes deberán hacerse en sitios alternados.

#### 507-S. Refuerzo de liga, para futuras extensiones.

Los extremos de las varillas que se dejen sobresaliendo de la estructura a fin de prolongar ésta posteriormente, deberán protegerse de una manera efectiva contra la corrosión.

### JUNTAS DE CONSTRUCCION

#### 508-S. Localización de las juntas.

a) Columnas. Las juntas en las columnas deberán hacerse en la cara inferior de los miembros del piso y al nivel del piso. Los acartelamientos y capiteles se considerarán como parte íntegra y continua de los pisos y techos. Se deberán dejar pasar cuando menos dos horas, después de haber colado las columnas o muros antes de proceder a colar los pisos.

b) Pisos. Las juntas de construcción en los sistemas de pisos deben ir localizadas aproximadamente en el centro del claro de cada losa, viga o trabe; a menos que en dicho punto

se presente una intersección entre una viga y una trabe, en cuyo caso la junta en la trabe se deberá desalojar una distancia igual al doble del ancho de la viga y a satisfacción del ingeniero, se colocará refuerzo inclinado al través de la junta, a fin de compensar el esfuerzo cortante que se produzca.

#### 509-S. Procedimiento para construir las juntas.

El procedimiento especificado en la Sección 416-S, para ligar concreto nuevo con concreto endurecido, deberá seguirse para la formación de todas las juntas. El refuerzo deberá correrse a través de la junta. Si se trata de concreto sin reforzar, la resistencia al esfuerzo cortante en la junta, será dada mediante claves de trabazón o con varillas pasa-juntas, según lo ordene el ingeniero.

#### 510-S. Acero adicional en las juntas de construcción.

Cuando se requiera una junta de construcción en una sección de un edificio que tenga más de 30 metros de longitud o más de 30 metros entre juntas de dilatación, se deberá colocar refuerzo adicional en ángulo recto con la junta, el cual se deberá extender a partir de la junta, en una longitud de 40 diámetros si se trata de varilla corrugada o de 50 diámetros si se usa varilla lisa. Este refuerzo deberá colocarse cerca de la cara del concreto que quede opuesta al refuerzo principal de tensión. El área de la sección transversal de este refuerzo no debe ser menor al 0.5% del área de la sección de los miembros cortados por la junta.

#### 511-S. Juntas impermeables.

a) Cuando se requiera que una junta horizontal de construcción, resista el paso del agua a presión, se deberá tomar cuidado especial en el acabado de la superficie de unión. La consistencia del concreto debe controlarse cuidadosamente a

	Práctica Recom. Sec. N°	Especific. Sec. N°
Adherencia y Anclaje.....	823-830	
Esfuerzos unitarios. Cargas de trabajo admisibles en el concreto y en el refuerzo.....	878	
Anclaje para futuros colados...	508	
Cementos.		
Portland .....	202(a)	201-S
De alta resistencia a corta edad.	202(a), 306	202-S, 309-SA, 306-SB 303-S
Especial .....	202(b)	303-S
Preparaciones para el acabado de la superficie .....	703-724	
Uso de colorantes .....	727-731	
Agregados .....	728	
Pigmentos .....	727	
Pinturas .....	729-731	
Columnas de Concreto Reforzado...	851-862	
Momentos flexionantes .....	859-862	
Esfuerzos combinados de flexión y axiales. ....	860-861	
Combinadas y de tubo.....	857	
Compuestas .....	856	
Limitación de dimensiones.....	852	
Largas .....	858	
Detalles de refuerzo .....	854	
Refuerzo helicoidal. Carga admisible .....	854	
Zunchadas. Carga admisible....	855	
Transmisión de esfuerzos en la base .....	870	
Longitud libre .....	853	
Esfuerzos ocasionados por vientos y temblores .....	862	
Refuerzo a la comprensión:		
Vigas .....	804 (e)	
Losas planas (Flat Slabs).....	845	

	Práctica Recom. Sec. N°	Especific. Sec. N°
Colado de concreto expuesto a la acción corrosiva de aguas o suelos .....		421-S
Protección contra las substancias corrosivas .....	609	
Protección del refuerzo .....	506	
Requisitos de la relación agua-cemento .....	303	
Cargas de trabajo admisibles en el Concreto y en el refuerzo.....	878	
Diseño de marcos, trabes y losas de un sentido .....	804-808	
Anclajes en los extremos del refuerzo .....	826-830	
Trabes en la construcción de losas planas .....	840	
Cargas y momentos flexionantes en las trabes de apoyo.....	815	
Momentos flexionantes en vigas y trabes .....	808	
Refuerzo a la compresión.....	804	
Apoyo lateral .....	804	
Vigas T y L. ....	804	
Vigas acarteladas .....	822-825	
Columnas. . . . .	859-862	
Momentos flexionantes en losas discontinuas .....	838	
Momentos flexionantes en losas planas rectangulares .....	835-836	
Momentos flexionantes en los marcos .....	805	
Muros de retención (Momentos y presiones) .....	873	
Momentos flexionantes en losas apoyadas en un sentido ...	806-807	
Losas de dos sentidos apoyadas en los cuatro lados .....	811-812	
Cargas y momentos flexionantes en las trabes de apoyo.....	815	

fin de que pueda colocarse con un mínimo de batido y sin que aparezca agua libre en la superficie. La superficie deberá protegerse contra la pérdida de humedad y contra daños de naturaleza mecánica. Para el colado del concreto nuevo sobre la junta, se deberá seguir el procedimiento especificado en la Sección 416-S.

b) En las construcciones impermeables no deberán hacerse juntas verticales de construcción, a menos que se muestren en los planos o sean autorizadas por el ingeniero.

## INDICE POR MATERIAS

	Práctica Recom. Sec. N°	Específico. Sec. N°
Agregados Secundarios .....	203-612	204-S
Agregados .....	205-272	
Agregados de color .....	728	
Agregados - Ciclópeo.....		221-S
Agregados para estructuras a prueba de incendios .....	211	225-S
Agregados ligeros .....	210	222-S - 224-S 229-S - 220-S
Agregado de cascote .....		220-S
Agregados .....	712	
Consistencia y tamaño del agregado .....	307	
Dosificación de agregados .....	206-207	208-S, 209-S, 215-S
Granulometría del agregado grueso .....	207	214-S - 219-S
Granulometría del agregado fino .....	206	207-S - 213-S
Impurezas orgánicas .....		211-S, 229-S
Método de muestreo .....		226-S - 229-S
Peso por metro cúbico.....		218-S, 224-S, 229-S
Peso por metro cúbico de escoria .....		218-S, 229-S
Resistencia del Mortero .....		212-S, 229-S
Resistencia al desgaste.....	212	219-S, 229-S
Substancias deletéreas .....	208	210-S, 216-S, 223-S
Sanidad .....	209	213-S, 217-S, 229-S
Requisitos del Concreto para varias condiciones de exposición .....	303- Tabla 1.	
Detalles de Diseño y Construcción .....	501	

	Págs.
NORMAS PARA CONCRETO Y CONCRETO REFORZADO.	
Normas para Concreto y Concreto Reforzado.	
Materiales (Sec. 201-S-231 S).....	153
Proporcionamiento, Mezclado, Curado y Ensaye del Concreto .....	167
Proporcionamiento: Alternativa "A".	
Sec. 301-SA-309-SA).....	167
Proporcionamiento: Alternativa "B"	
Sec. 301-SB-306-SB) .....	171
Medición de los Materiales (Sec. 310-S).....	174
Mezclado (Sec. 311-S-317-S).....	175
Curado del Concreto (Sec. 318-S).....	179
Pruebas de Concreto efectuadas en la Obra. (Sec. 320-S-325-S) .....	180
Observancia de los requisitos respecto a la Resistencia (Sec. 326-SA-328-SA) .....	182
Moldes y Colado (Sec. 401-S-422-S).....	183
Detalles de Construcción (Sec. 501-S-511-S).....	195

## INDICES

## INDICE GENERAL

	Págs.
Capítulo I. Propósito y Definiciones.....	5
Capítulo II. Materiales (Sec. 201-216).....	11
Capítulo III. Proporcionamiento, Revoltura, Cura y Pruebas del Concreto. (Sec. 301-312).....	21
Capítulo IV. Cimbras y Colado. (Sec. 401-406).....	37
Capítulo V. Detalles de Diseño y Construcción (Sec. 501-514).....	47
Capítulo VI. Procedimientos Impermeabilizantes y Protectores (Sec. 601-614).....	57
Capítulo VII. Acabado de las Superficies. (Sec. 701-731).....	69
Capítulo VIII. Diseño (Sec. 801-878).....	83
Hipótesis y Cargas (Sec. 801-803).....	84
Diseño de Marcos, Trabes y Losas de un sentido (Sec. 804-808).....	87
Losas de dos sentidos apoyadas en los cuatro lados Sec. 809-815).....	91
Tensión Diagonal y Esfuerzo Cortante (Sec. 816-822).....	98
Adherencia y Anclaje (Sec. 823-830).....	104
Losas planas. Flat Slabs). Sec. 831-850).....	110
Columnas de Concreto Reforzado. (Sec. 851-862).....	122
Cimientos (Sec. 863-871).....	137
Muros de Retención (Sec. 872-877).....	143
Esfuerzos Unitarios (Sec. 878).....	147