

REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO ACI 318 - 05

Dr. Roberto Stark

TIPOS DE CAMBIOS

- ORGANIZACIÓN
- REDACCIÓN
- TÉCNICOS

CAMBIOS DEBIDO A ORGANIZACIÓN

- CAPÍTULO 21 (SISMO). SE AGREGÓ LO REFERENTE A MARCOS Y MUROS DÚCTILES PREFABRICADOS.
- APÉNDICE **A**. MODELOS DE LA ANALOGÍA DE LA ARMADURA
- APÉNDICE **A** DEL 99 AHORA ES **B** PERO CON OTRA REDACCIÓN
- NUEVO APÉNDICE **D**. BARRENANCLAS

CAPITULO 1

Requisitos Generales

El reglamento del ACI proporciona los requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de CONCRETO

Este reglamento es válido siempre y cuando el reglamento de construcciones general lo adopte como parte de él en lo referente al diseño de concreto

Alcances

1.1.4 Estructuras Especiales

- Arcos
- Tanques
- Almacenamientos
- Silos
- Estructuras sometidas a explosiones
- Chimeneas

1.1.7 Concreto sobre losacero

Contenido en: Planos y Especificaciones

- Reglamento y versión utilizada en el diseño.
- Cargas vivas y especiales utilizadas.
- Resistencia a la compresión del concreto en los diferentes elementos y etapas de construcción.
- Resistencia o grado del acero de refuerzo.
- Tamaño y ubicación de los elementos estructurales y el acero de refuerzo respectivo.

Contenido en:

Planos y Especificaciones (cont)

- Precauciones por cambios en dimensiones producidos por: fluencia, contracción y temperatura.
- Magnitud y ubicación de las fuerzas de presfuerzo.
- Longitud de anclaje del acero de refuerzo y longitud de los traslapes.
- Tipo y ubicación de los empalmes mecánicos y soldados del acero de refuerzo.

Contenido en:

Planos y Especificaciones (cont)

- Detalle y ubicación de las juntas de construcción.
- Resistencia mínima a compresión del concreto en el momento del postensado.
- Secuencia de tensado.
- Confirmar si las losas de entrepiso están considerada como un diafragma estructural.

1.3 Supervisión

1.3.2 Puntos en la bitácora

- Calidad y dosificación del concreto;
Resistencia del concreto
- Construcción y procedimiento de cimbrado y descimbrado
- Habilitado del refuerzo y anclajes
- Revoltura, métodos de colado y curado del concreto
- Cargas durante la construcción
- Progreso general de la obra con observaciones

NO SE PERMITEN
CONCRETOS CON

$$f'_c < 175 \text{ kg/cm}^2$$

LO ANTERIOR ES APLICABLE
PARA CONCRETO SIMPLE,
REFORZADO O
PRESFORZADO

CAPITULO 2

Definiciones

CAPITULO 3

Materiales

3.2 Cementos

El cemento de cumplir con alguna de las siguientes especificaciones:

ASTM C 150

ASTM C 595

ASTM C 845

ASTM C 1157 NUEVO

3.3 Agregados

Los agregados deben cumplir con alguna de las siguientes especificaciones:

ASTM C 33 (Peso normal)

ASTM C 330 (Peso ligero)

ASTM C 845

3.3.2 El tamaño máximo del agregado grueso:

- Un quinto de la separación menor entre lados de la cimbra.
- Un tercio del peralte de la losa.
- Tres cuartos del espaciamiento mínimo libre entre las varillas de refuerzo.

3.4 Agua

El agua deberá estar limpia y libre de:

Aceites

Acidos

Alcalis

Sales

Materia orgánica

Iones de cloruros

3.5 Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo debe ser corrugado excepto en espirales o cables.

Las varillas de refuerzo que vayan a soldarse para empalmar deben cumplir con ANSI/AWS D 1.4

3.5.3 VARILLAS CORRUGADAS

Las varillas corrugadas deben cumplir con alguna de las siguientes especificaciones:

ASTM A 615

ASTM A 706

NUEVO

ASTM A 996

NUEVO

3.6 Aditivos

- Incluidores de Aire (ASTM C 260)
- Reductores de agua, retardantes, acelerantes (ASTM C 494 o C 1017)
- Ceniza volante u otras puzolanas (ASTM C 618)
- Escoria de Alto Horno (ASTM C 989)
- Cementos expansivos (ASTM C 845)
- Ceniza de sílice (ASTM C 1240)

3.7 Almacenamiento

- Prevenir la contaminación y humedad del cemento
- Tomar en cuenta el agua en el almacenamiento de la arena

En general se actualizan todas las referencias de las normas utilizadas por el reglamento

CAPITULO 4

Requisitos de Durabilidad

4.2 Exposición a congelación y deshielo

4.2.1 El concreto de peso normal y ligero expuesto a congelación debe tener inclusión de aire.

Tabla 4.2.1

Tabla 4.2.1 Contenido total de aire para concreto resistente a la congelación

Tamaño máximo del agregado cm	Contenido de aire, porcentaje	
	exposición severa	
		Exposición moderada
1.0	7.5	6.0
1.3	7.0	5.5
1.9	6.0	5.0
2.5	6.0	4.5
3.8	5.5	4.5
5.1	5.0	4.0
7.6	4.5	3.5

Tolerancia: 1.5 %

Sí $f'_c > 350 \text{ kg/cm}^2$, los valores de la tabla 4.2.1 pueden reducirse en 1 %

Tabla 4.2.2 Requisitos para condiciones de exposición especial

Condición de exposición	Concreto de agregado de peso normal normal. Relación máxima agua/materiales cementantes	Concreto de agregado normal o ligero, f_c mínima, (kg/cm ²)
Concreto que se pretenda tenga baja permeabilidad en exposición al agua	0.5	280
Concreto expuesto a congelación y deshielo en condición húmeda o en descongelación por medio de químicos.	0.45	315
Para proteger de la corrosión al refuerzo en concretos expuestos a sales descongelantes agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	0.4	350

Tabla 4.2.3 Requisitos para concreto expuesto a productos químicos descongelantes

Materiales Cementantes	porcentaje máximo de materiales cementates por peso
Cenizas volantes u otras puzolanas	25
Escorias	50
Cenizas de sílice	10
suma de cenizas volantes, puzolanas y	50
suma de cenizas volantes, puzolanas y	35

Tabla 4.4.1 Contenido máximo de iones de cloruro contra corrosión del refuerzo

Tipo de elemento	Contenido máximo de iones de cloruro porcentaje
Concreto presforzado	0.06
Concreto reforzado expuesto a cloruro	0.15
Concreto reforzado seco o protegido	1.00
Otras construcciones de concreto	0.30

CAPITULO 5

Calidad del concreto, mezclado y colocación

$$5.1 \quad f'_c > 175 \text{ kg/cm}^2$$

5.2 Selección de las proporciones del concreto

- Trabajabilidad
- Resistencia a exposiciones especiales
- Cumplimiento de los requisitos de resistencia

Tabla 5.3.1.2 Factor de modificación desviación estandar menos de 30 muestras

Número de pruebas	Factor de modificación desviación estandar
Menos de 15	Emplee la tabla 5.3.2.2
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

5.3.2 Resistencia promedio requerida

La mayor de:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 s$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 s - 35$$

Tabla 5.3.2.1 Resistencia promedio requerida a la compresión cuando se cuenta con muestreo para establecer una desviación estándar

Para $f'_c < 350 \text{ kg/cm}^2$ igual a 99

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 s$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 s - 34.5$$

Para $f'_c > 350 \text{ kg/cm}^2$

La mayor de:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 s$$

$$f'_{cr} = 0.90f'_c + 2.33 s$$

Tabla 5.3.2.1 Resistencia promedio requerida a la compresión cuando **no** se cuenta con muestreo para establecer una desviación estandar

Para $f'_c < 350 \text{ kg/cm}^2$ igual a 99

Para $f'_c > 350 \text{ kg/cm}^2$

$$f'_{cr} = 1.10 f'_c + 50$$

Tabla 5.3.2.2 Resistencia promedio cuando no hay pruebas suficientes

Resistencia a la compresión, f_c kg/cm ²	Resistencia promedio a la compresión, f_{cr} kg/cm ²
Menos de 200	$f_c + 70$
De 200 a 350	$f_c + 85$
Más de 350	$1.1f_c + 50$

5.3.3.2 Cuando no se dispone de un registro aceptable.

- La combinación de materiales debe ser los de la obra
- Al menos se deben preparar tres diferentes relaciones A/C para un f'_{cr} .
- Las mezclas de prueba deben diseñarse para producir una diferencia de 2.0 cm del revenimiento requerido y con aire incluido del 0.5 %.

5.3.3.2 Cuando no se dispone de un registro aceptable, (cont.)

- Para cada relación A/C se deben probar 3 cilindros a la edad de diseño.
- A partir de los resultados se debe graficar la relación A/C contra la resistencia obtenida.
- La máxima relación A/C o el contenido mínimo de material cementante será el que indique la curva como la que produce la resistencia promedio requerida en 5.3.2

5.4 Proporcionamiento sin mezclas de prueba

f'_{cr} será de $f'_c + 85$

En ningún caso se usará esta alternativa en concretos mayores a 250 kg/cm²

5.6 Evaluación y aceptación del concreto

5.6.2 Frecuencia de pruebas

Cuando menos se obtendrán muestras por cada 115 m³ y no menos de una vez por cada 465 m² de superficie de losas y muros.

En ningún caso el número de muestras será menor a 5.

5.6.2 Frecuencia de pruebas, (cont.)

Cuando el volumen es menor de 38 m³,
se podrán omitir las pruebas

La resistencia obtenida deberá ser el
promedio de por lo menos 2 cilindros
obtenidos de la misma muestra de
concreto y probados a la edad
especificada

5.6.2.3 Aceptación del nivel de resistencia

- El promedio aritmético de 3 pruebas consecutivas será igual o superior a f'_c

5.6.3.3 Criterios de aceptación de los cilindros de prueba

El promedio de 2 cilindros no debe ser menor del $f'c$ en:

$0.1 f'c$ cuando $f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$

Anteriormente era un valor fijo de 35 kg/cm^2

5.6.5.3 Manejo de corazones.

Se debe retirar el agua de la superficie de la muestra y colocarla en bolsas herméticas.

Las muestras deben ensayarse después de 48 hrs y antes de 7 días de la extracción

5.6.5.4 En el caso de corazones de concreto se considera adecuado el concreto cuando el promedio aritmético de 3 corazones es igual o mayor al 85 % del f'_c y en ningún caso esta por debajo del 75 %

5.7 Preparación del colado

5.9 Transporte

5.10 Colocación del concreto (Colado)

- El concreto se depositará lo más cercano posible a su posición final
- El bombeo se hará en forma continua para conservar el concreto fluido para cubrir en forma uniforme el acero de refuerzo
- El concreto endurecido con debe colocarse
- No se deberá colocar concreto previamente endurecido.
- El proceso deberá ser continuo o sino formar juntas constructivas, ver 6.4

5.11 Curado

- Se deberá curar por siete días para concreto normal
- Y por tres días para concreto con acelerante
- Se podrá curar a vapor

5.12 Concreto en climas extremos

Requisitos de climas fríos (ACI 306)

Menor a 5 C

Requisitos de climas cálidos (ACI 305)

Mayor a 35 C

CAPITULO 6

Cimbrado, tuberías ahogadas y juntas de construcción

6.1 Diseño de cimbras

6.2 Descimbrado, retiro de puntales y reapuntalamiento

6.4 Juntas de construcción

Localización y tratamiento

CAPITULO 7

Detalles del acero de refuerzo

7.1 Gancho estándar

- Doblez de 180 grados más 4 db, pero menor de 6.5 cm del extremo libre.
- Doblez de 90 grados más 12 db

7.1.3 Para estribos y gancho de amarre

- Varilla del # 5 y menor, doblez de 90 grados más 6 db.
- Varillas # 6 al # 8, doblez de 90 grados más 12 db.
- Varillas # 8 y menor, doblez de 135 grados más 6 db.

Tabla 7.2 Diámetros mínimos de doblado

Tamaño de varilla	Diámetro mínimo
# 3 al 8	6 db
# 9, 10 y 11	8 db
# 14 y 18	10 db

7.4 Condiciones de la superficie del acero de refuerzo

7.5 Colocación del acero de refuerzo

Peralte del elemento	Tolerancia en d	Tolerancia en el recubrimiento mínimo de concreto
$d \leq 20 \text{ cm}$	1.0 cm	1.0 cm
$d > 20 \text{ cm}$	1.5 cm	1.5 cm

7.6 Límites para el espaciamiento del acero de refuerzo

- La separación libre mínima entre varillas paralelas debe ser d_b pero no menor a 2.5 cm
- Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más lechos, las varillas de las capas superiores se colocarán directamente encima de las capas inferiores pero a una distancia libre no menor de 2.5 cm.
- En elementos reforzado con espirales la distancia libre entre varillas long. No será menor de 1.5 d_b ni de 4 cm.

7.6 Límites para el espaciamiento del acero de refuerzo (cont.)

- En muros y losas, la separación máxima del refuerzo principal a flexión será de 3 veces el espesor del muro o losa o 45 cm.
- Los paquetes de varillas se limitarán a 4 excepto cuando se usen varillas del # 12 en vigas, lo cual no se permiten paquetes
- El espaciamiento libre en cables de presfuerzo es de 4 db para torones y 5 db para alambres. Si f'_{ci} es mayor a 280 kg/cm², la separación será de 45 mm para torones de 13 mm y 50 mm para torones de 15 mm.

7.7 Protección de concreto para el acero de refuerzo

Concreto colado en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él7.5 cm

Concreto expuesto al suelo o a la acción del clima. Varillas # 6 o mayores5 cm

Varillas menores del # 54 cm

Concreto no expuesto al clima o al suelo.

Losas, muros y nervaduras2 cm

Vigas, columnas4 cm

7.7.2 Protección de concreto para el acero de presfuerzo en colados en sitio

Concreto colado en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él 7.5 cm

Concreto expuesto al suelo para muros panel, losas y joists 2.5 cm

Otros elementos 4.0 cm

Concreto no expuesto al suelo.

Losas, muros y nervaduras 2.0 cm

Vigas y columnas ref. long..... 4.0 cm

estribos 2.5 cm

7.12 Refuerzo por contracción y temperatura

En losas con varillas corrugadas de grado 28 o 350.0020

En losas con varillas corrugadas de grado 420.0018

En losas con refuerzo mayor del grado 42 $0.0018 * 4,200/f_y$

pero no menor a 0.0014

7.13 Requisitos de integridad estructural

Se permite el uso de conectores metálicos y empalmes con soldadura de varillas de refuerzo

CAPITULO 8

Análisis y Diseño

8.1 Métodos de diseño

8.1.3 Se permite el uso de barrenancias de acuerdo con el apéndice D

8.2 Cargas

- La estructura se debe someter a todas las cargas posibles.
- Cargas gravitacionales como laterales
- Efectos por presfuerzo, vibración, impacto, contracción, cambios por temperatura, relajación, etc.

8.3 Métodos de Análisis

Teoría del Análisis elástico

8.3.4 Se permite el uso de modelos de la analogía de la armadura, apéndice A
(Strut and tie method)

8.4.1 La redistribución de momentos

$$< 20 [1 - (r-r'/r_b)] \% \quad 99$$

$$1000 e_t \% < 20 \% \quad 2002$$

e_t = máxima deformación unitaria del extremo a tensión.

8.4.3 Se acepta la reducción sí:

$$e_t \geq 0.0075$$

8.5 Módulo de elasticidad

Para concreto de peso normal:

$$E_c = 15,000 (f'_c)^{1/2}$$

Para w_c entre 1440 y 2400 kg/m³:

$$E_c = 0.14 w_c^{1.5} (f'_c)^{1/2}$$

Para el acero de refuerzo

$$E_s = 2'040,000 \text{ kg/cm}^2$$

8.9 Disposición de carga viva

Se deberán de considerar las siguientes combinaciones de carga:

- Carga muerta factorizada en todos los claros con la carga viva total factorizada en dos claros adyacentes.
- Carga muerta factorizada en todos los claros con la carga viva total factorizada en claros alternados.

8.10 Sistema de vigas T

El ancho efectivo de la losa considerada como patín:

- $1/4$ la longitud del claro
- 8 veces el peralte de la losa
- $1/2$ la distancia libre a la siguiente alma

8.11 Sistema nervado o de costillas en una dirección

- Las nervaduras tendrán un ancho mínimo de 10 cm, la relación peralte-ancho será de 3.5
- Espaciamiento menor a 80 cm
- La capa de compresión será mayor a $1/12$ la separación libre entre nervaduras ni menor a 5 cm.

CAPITULO 9

Requisitos de resistencia y servicio

9.2 FACTORES DE CARGA

TODOS FUERON MODIFICADOS PARA
UNIFORMIZAR EL DOCUMENTO ASCE
7 - 98 CON EL DISEÑO DE OTRO
MATERIALES

9.2 Resistencia requerida (anterior)

- $U = 1.4 D + 1.7 L$
- $U = 0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.7 W)$
- $U = 1.4 D + 1.7 L + 1.7 H$

9.2 Resistencia requerida

- $U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5 (L_r \text{ o } S \text{ o } R)$ ec. 9-2
- $U = 1.2 D + 1.6 (L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (1.0 L \text{ o } 0.8 W)$ ec. 9-3
- $U = 1.2 D + 1.6 W + 1.0 L + 0.5 (L_r \text{ o } S \text{ o } R)$ ec. 9-4
- $U = 1.4 (D + F)$ ec. 9-1
- $U = 1.2 D + 1.0 E + 1.0 L + 0.2 S$ ec. 9-5
- $U = 0.9 D + 1.6 W + 1.6 H$ ec. 9-6
- $U = 0.9 D + 1.0 E + 1.6 H$ ec. 9-7

9.2.1.a. L en las ecuaciones 9-3 y 9-5 se puede reducir a 0.5 del valor excepto en estacionamientos, áreas públicas y cuando L sea mayor a 500 kg/m^2

9.2.1.b. En las ecuaciones 9-4 y 9-6 puede utilizarse un factor de $1.3 W$ cuando no se reduzcan los efectos del viento por un factor de direccionalidad del viento (0.85)

9.2.1.c. En las ecuaciones 9-5 y 9-7 se debe considerar $1.4 E$ cuando los efectos E sean estimados para condiciones de servicio.

9.3 Resistencia de diseño

Factores de reducción

- Flexión sin carga axial 0.90 a 0.90
- Tensión axial con o sin flexión ... 0.90 a 0.90
- Flexocompresión: Con
refuerzo en espiral 0.75 a 0.70 Otros
elementos reforzado 0.70 a 0.65
- Cortante y torsión 0.85 a 0.75
- Aplastamiento en el concreto 0.70 a 0.65
- Zona de anclaje de postensado 0.85 a 0.75

9.5 Control de deflexiones

Tabla 9.5.a Peralte mínimo de vigas o losas en una dirección

Elementos	Simplemente apoyada	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Losas macizas en una dirección	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$l/16$	$l/18.5$	$l/21$	$l/8$

$$I_e = (M_{cr}/M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr}/M_a)^3] I_{cr}$$

$$M_{cr} = f_r I_g / y_t$$

Para peso normal

$$f_r = 2 (f'_c)^{1/2}$$

Deformación de larga duración

$$l = e / (1 + 50 r')$$

en donde e es igual a:

2	para 5 años o más
1.4	para 12 meses
1.2	para 6 meses
1.0	para 3 meses

Tabla 9.5.b Deflexiones máximas permisibles calculadas

Tipo de elemento	Deflexión considerada	Límite de deflexión
Azoteas planas que no soporten ni esten ligadas a elementos susceptibles a daños por grandes deformaciones	Deflexión instantánea debida a la carga viva	$l/180$
Entrepisos que no soporten ni esten ligados a elementos susceptibles a daños por grandes deformaciones	Deflexión instantánea debida a la carga viva	$l/360$
Entrepisos o azotea que soporten o esten ligados a elementos susceptibles a daños por grandes deformaciones	La parte de la deflexión total después de la unión de los elementos	$l/480$
Entrepisos o azotea que soporten o esten ligados a elementos no susceptibles a daños por grandes deformaciones	La parte de la deflexión total después de la unión de los elementos	$l/240$

Tabla 9.5.c Peralte mínimo de losas sin vigas interiores

Resistencia a la fluencia, f_y	Sin abacos			Con abacos		
	Tablero exterior		Tablero interior	Tablero exterior		Tablero interior
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde		Sin vigas de borde	Con vigas de borde	
2,800	l/33	l/36	l/36	l/36	l/40	l/40
4,200	l/30	l/33	l/33	l/33	l/36	l/36
5,250	l/28	l/31	l/31	l/31	l/34	l/34

CAPITULO 17

Elementos compuestos a flexión

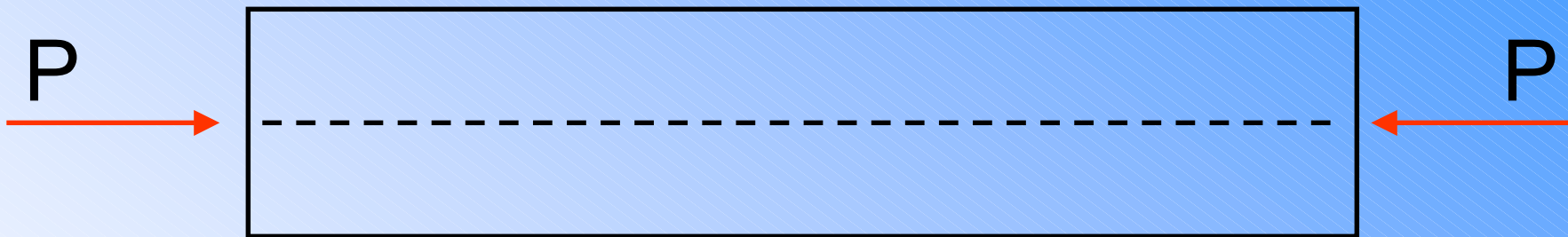
17.5 Resistencia de cortante horizontal

$$V_u \leq F V_{nh}$$

17.5.2.1 $V_{nh} \leq 6 b_v d$

CAPITULO 18

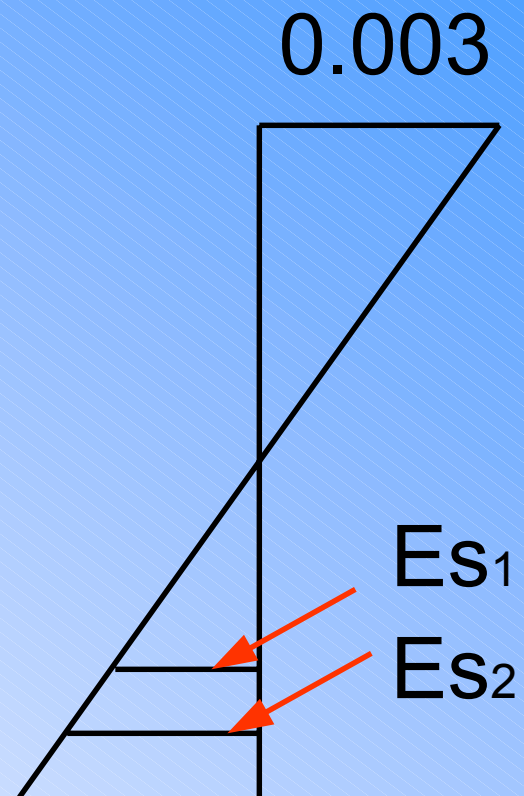
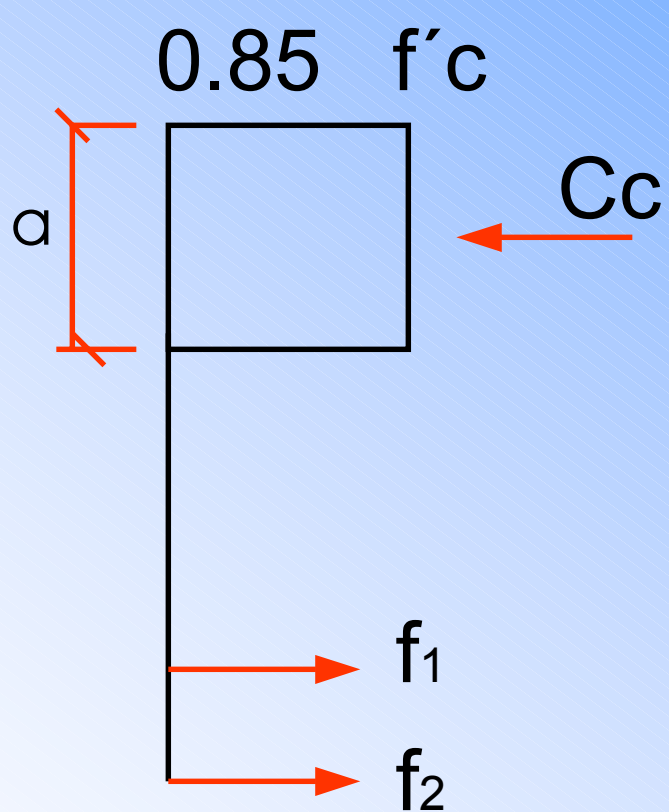
Concreto presforzado



$$f = P / A$$



$$f = P / A \pm Pe / S$$



18.3 Hipótesis de diseño

18.3.1 El diseño por resistencia es igual a 10.2 excepto 10.2.4 (Acero de presfuerzo)

- Satisfacer equilibrio y compatibilidad de deformaciones
- La deformación es proporcional a la distancia del eje neutro y $\epsilon_c=0$
- Bloque rectangular equivalente de esfuerzos
- Esfuerzo máximo del concreto $0.85 f'_c$ y $a=b_1c$

18.3.2.2 En secciones que se consideran como agrietadas, el concreto no resiste tensiones.

18.3.3 Suposiciones de diseño

Tres clases de elementos a flexión clasificados como U, T y C, su esfuerzo a la tensión por condiciones de servicio es:

- **Clase U :** $f_t \leq 2.0 (f'c)^{1/2}$ (Sin agrietamiento)
Las losas en dos direcciones deben diseñarse como clase U
- **Clase T :** $2.0 (f'c)^{1/2} < f_t < 3.2 (f'c)^{1/2}$
- **Clase C:** $f_t \geq 3.2 (f'c)^{1/2}$ (Con agrietamiento)

Las losas presforzadas en dos
direcciones se diseñan como
clase U

18.3.4 Para clase U y T las secciones son no agrietadas o gruesas. Para clase C se deben considerar como secciones agrietadas.

**18.3.5 Las deflexiones se deben
calcular con 9.5.4 con las
consideraciones de 18.3.4**

18.4 Consideraciones de Servicio

18.4.1 Los esfuerzos permisibles al momento de la transferencia del presfuerzo:

- a) Fibra extrema a compresión ... $0.60 f'_{ci}$
- b) Fibra extrema a tensión ... $0.75 (f'_{ci})^{1/2}$
- c) Fibra extrema a tensión en elementos simplemente apoyados ... $1.6 (f'_{ci})^{1/2}$

* Cuando se excedan los valores a tensión agregar acero para el total de la fuerza de tensión

18.4.2 En condiciones de servicio, basado en secciones no agrietadas, los esfuerzos para U y T después de pérdidas no debe exceder de:

- a) Fibra extrema a compresión ... 0.45
 f'_c debido a presfuerzo mas carga
sostenida (pp+CM+%CV)
- b) Fibra extrema a compresión ... 0.60
 f'_c debido a presfuerzo mas carga
total.

18.4.3 Se pueden exceder los
valore de 18.4.1 y 18.4.2 si se
demuestra por análisis o pruebas
un buen comportamiento

18.4.4 Para elementos Clase C se debe tener cuidado en estructuras sujetas a:

- Fatiga
- localizadas en zonas de ambiente agresivo, se debe cumplir con 10.6.4
- Cuando no este en el caso anteriores el espaciamiento máximo es lo anotado en 10.6.4

18.4.4.1 El espaciamiento del
refuerzo y de tendones adheridos
deben cumplir con no exceder
5/6 de 10.6.4

18.5 Esfuerzo permisible en acero de presfuerzo

- a) Debido a la fuerza transmitida por el gato
..... 0.94 fpy pero no mayor a ... 0.80 fpu
- b) Inmediatamente después de la
transferencia del presfuerzo ... 0.82 fpy pero
no mayor a 0.80 fpu
- c) Tendones de postensado, en los anclajes
y coples inmediatamente de la transferecia
...0.70 fpu

18.6 Pérdidas de presfuerzo

18.6.1 Para determinar la fuerza efectiva de presfuerzo f_{se} se deben considerar:

- Pérdidas en el anclaje
- Acortamiento elástico del concreto
- Creep del concreto
- Contracción del concreto
- Relajación del esfuerzo del acero de presfuerzo
- Pérdidas por fricción

18.6.2 Pérdidas por fricción

18.6.2.1 Las pérdidas por fricción se valuarán con:

$$P_s = P_x e^{(Kl_x + ma)} \quad (18 - 1)$$

Cuando $K_{lx} + m_a < 0.3$ Las
pérdidas por fricción se pueden
calcular con:

$$P_s = P_x(1 + K_{lx} + m_a) \quad (18-2)$$

18.6.2.2 Los coeficientes k y m están basados en forma empírica y deben verificarse durante el tensado.

18.6.2.3 Los coeficientes k y m
deben especificarse en los
planos estructurales.

18.7 Resistencia a la flexión

18.7.1 La resistencia a la flexión se evaluará como un elemento reforzado. Para el acero de presfuerzo f_{ps} sustituye a f_y

18.7.3 El acero de refuerzo se puede considerar en la determinación de la resistencia a flexión siempre y cuando se realice un análisis de compatibilidad de deformaciones

18.8 Límite del refuerzo en elementos a flexión

18.8.1 Las secciones de concreto presforzado se clasificarán como:

- Sección en Tensión
- Sección en Transición
- Sección en Compresión

Se utilizarán los valores adecuados de F

18.8.2 El total de refuerzo y acero de presfuerzo debe desarrollar al menos 1.2 veces la carga de agrietamiento fr. Esto no procede si:

- a) Se trata de losas en dos direcciones con cables no adheridos y
- b) Elementos con una resistencia a la flexión y al cortante cuando menos del doble requerido por 9.2.

18.8.3 Parte o todo el acero adherido deberá estar lo más cercano posible de la zona extrema a tensión

18.9 Mínimo refuerzo adherido

18.9.1 El area mínima de acero
será de acuerdo con 18.9.2 y
18.9.3

18.9.2 Excepto por lo
especificado en 18.9.3 la mínima
área de acero adherido es:

$$A_s = 0.004 A$$

18.9.2.1 Esta cuantía será distribuida uniformemente y lo más cercano a la fibra externa a tensión

18.9.2.2 El refuerzo adherido es requerido independiente a la condición de esfuerzos por carga de servicio

18.9.3 Para losas en dos direcciones

18.9.3.1 No se requiere acero adherido en áreas de momento positivo si el esfuerzo (después de pérdidas) es menor a $0.5 (f'c)^{1/2}$

18.9.3.2 En zonas de momento positivo y esfuerzos mayores a $0.5 (f'c)^{1/2}$

$$A_s = N_c / 0.5 f_y \quad (18-7)$$

N_c = fuerza de tensión (D+L) sin factor de carga

18.9.3.3 En áreas de momento negativo en soportes de columna:

$$A_s = 0.00075 A_{cf} \quad (18-8)$$

Se debe colocar a un máximo de 1.5 h de cada lado de la columna y al menos 4 varillas deben colocarse en cada dirección

18.9.4 La longitud mínima de acero:

18.9.4.1 En áreas de momento positivo al longitud será de un tercio del claro libre

18.9.4.2 En áreas de momento negativo la longitud será de un sexto del claro libre a cada lado del apoyo más la longitud de éste

18.9.4.3 Cuando se calcule el acero adherido según 18.7.3 o las condiciones de esfuerzos de tensión según 18.9.3.2, la longitud debe cumplir con el capítulo 12

18.10 Estructuras hiperestáticas

18.10.1 Los marcos y estructuras continuas de concreto presforzado deben diseñarse por condiciones de servicio y resistencia

18.10.2 El comportamiento por condiciones de servicio se hará con un análisis elástico considerando:

- Fuerzas de presfuerzo
- Creep
- Contracción
- Cambios por temperatura
- Deformación axial
- Asentamientos de la cimentación

18.10.3 Los momentos en el cálculo de la resistencia requerida son la suma de los momentos generados por el presfuerzo con un factor de carga igual a **uno** mas los momentos factorizados de las otras cargas

18.10.4 Redistribución de momentos negativos en elementos continuos de presfuerzo

18.10.4.1 Cuando se tenga acero negativo **adherido** se puede incrementar o reducir el momento negativo de acuerdo a 8.4

18.11 Elementos a compresión. Flexo-compresión

18.11.2 Límites del acero de presfuerzo

18.11.2.1 Elementos con un
esfuerzo de presfuerzo promedio
 $f_{pc} < 15 \text{ kg/cm}^2$
deberán tener un refuerzo mínimo
de acuerdo con 7.10, 10.9.1 y
10.9.2 para columnas y
14.3 para muros

18.11.2.2 Excepto en el caso de muros, cuando con fpc igual o mayor a 15 kg/cm².

Todos los tendones o torones deberán confinarse por medio de estribos o espirales de acuerdo con:

- a) Espirales de acuerdo con 7.10.4
- b) Estribos del # 3 o su equivalente de malla y un espaciamiento no mayor a 48 veces el diámetro del estribo o la mínima dimensión de la columna
- c) Los estribos se colocarán a la mitad en nudos trabe-columna o en la parte superior de zapatas o losas
- En un nudo llegando las cuatro trabes los estribos no terminarán a una distancia mayor a 75 mm de acero mas bajo de las trabes

18.11.2.3 Para muros con un refuerzo fpc mayor o igual a 15 kg/cm², el acero mínimo en 14.3 puede omitirse si se demuestra adecuada resistencia y estabilidad

18.12 Sistemas de losas

18.12.1 Los momentos y cortantes factorizados en sistemas de losas en dos direcciones se determinará de acuerdo con 13.7 (excluyendo 13.7.7.4 y 13.7.7.5) o por un método más detallado

18.12.2 La resistencia del momento de diseño por 9.3 en cada sección será igual o mayor a la requerida por 9.2, 18.10.3 y 18.10.4

18.12.2 El cortante requerido al paño de la columna por 9.3 será igual o mayor a la resistencia requerida por 9.2, 11.1, 11.12.2 y 11.12.6.2

18.12.3 Por condiciones de servicio, se deben satisfacer todas las incluidas en el reglamento incluyendo 18.10.2

18.12.4 Para cargas vivas
normales y cargas
uniformemente distribuidas, el
espaciamiento de los tendones
será menor a 8 veces el espesor
de la losa ni 1.5 m

El espaciamiento de los tendones deberá proveer un esfuerzo promedio mínimo de 9 kg/cm². Cuando menos dos tendones deberán pasar por el núcleo de la columna

18.12.5 En losas con tendones
no adheridos, el acero adherido
será de acuerdo con 18.9.3 y
18.9.4

18.12.6 En losas levantadas (lift slab) el acero adherido en la parte inferior se deberá detallar de acuerdo con 13.3.8.6

Grout en ductos de presfuerzo