



Pontificia Universidad Católica del Perú

Departamento de Ingeniería

Sección Ingeniería Civil

PRINCIPALES CAMBIOS

NORMA PERUANA DE CONCRETO

ARMADO NTE E.060

COLEGIO DE INGENIEROS

CAPITULO INGENIEROS CIVILES

Lima – Enero del 2009

Ing. Gianfranco Ottazzi Pasino

Un poco de Historia

*** Documentos utilizados**

- Norma Peruana E.060 1989 (casi 20 años)
- ACI 318 1999
- ACI 318 2005
- ACI 318S 2005
- Propuesta ACI 318 2008 (Draft)
- Normas Técnicas Complementarias Distrito Federal – México 2004
- Norma Colombiana NSR-98

*** Alternativas Consideradas por el Comité**

A) Adoptar completamente el ACI 318S 2005

Ventajas:

1. Actualizaciones frecuentes (cada 3 años)
2. Difusión en nuestro medio
3. Abundante bibliografía (libros y programas)
4. Publicación en castellano por el propio ACI
5. Comentarios incluidos

*** Alternativas Consideradas por el Comité**

B) Adaptarlo a nuestros usos (realidad)

1. Modificar los Factores de carga del ACI (en el futuro deberían estar especificados en la Norma de Cargas E.020)
2. Modificar los Factores de Reducción de Resistencia del ACI
3. Adaptar y Modificar el Capítulo 21 (Disposiciones para Diseño Sísmico)
4. Uso de la terminología propia de nuestro medio

* Alternativas Consideradas por el Comité

B) Adaptarlo a nuestros usos (realidad)

5. Adecuación del Castellano utilizado en la traducción del ACI 318
6. Eliminar (filtrar) el contenido del ACI que no se aplica en nuestro medio
7. Posibilidad de incluir figuras aclaratorias
8. Adecuar las Normas citadas por el ACI

Importante:

El incorporar la experiencia local permite reflejar las características locales de los materiales, la calidad de la mano de obra, el nivel y calidad de la supervisión de las construcciones, los usos y costumbres.

Esto es importante cuando se adoptan normas extranjeras basadas en otras realidades.

El incorporar la experiencia local permite reflejar los tipos estructurales utilizados en nuestro medio:

Esto es importante cuando se adoptan normas extranjeras basadas en otras realidades.



Aporticado



Aporticado con muros de relleno



Con muros
estructurales



Solo muros estructurales



Solo muros
estructurales



Muros estructurales y pórticos



Edificio con losas sin vigas

* Códigos o Normas

Los Códigos de Construcción o de Edificación, suelen tener fuerza legal y su función principal es asegurar la seguridad del público.

Los códigos establecen los **Requisitos Mínimos** que deben cumplir las estructuras, el material, los refuerzos y el diseño.

* Códigos o Normas

Establecen los niveles mínimos de seguridad que debe tener (una estructura ?) o elemento estructural.

El propósito de un código es el de ayudar a lograr una estructura segura y de buen comportamiento bajo condiciones de servicio.

Ya que los códigos fijan los requisitos mínimos, el ingeniero estructural deberá aplicar su criterio y conocimiento para discernir los casos o situaciones en las que las disposiciones de las normas pueden ser insuficientes.

Hasta dónde se puede extrapolar un Código?

Los códigos no son Libros de Texto, su aplicación requiere un conocimiento previo del material y de su comportamiento bajo las diversas sollicitaciones.

* ALCANCE DE LA NORMA

- Fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, preesforzado y simple.

* ALCANCE DE LA NORMA

- Para estructuras especiales tales como arcos, tanques, estanques, depósitos y silos, chimeneas y estructuras resistentes a explosiones, las disposiciones de esta Norma regirán cuando sean aplicables.

ALCANCE DE LA NORMA

- NO rige el diseño y la construcción de losas apoyadas en el suelo, a menos que la losa transmita cargas verticales o laterales desde otras partes de la estructura al suelo.

ALCANCE DE LA NORMA

Capítulo 4 – DURABILIDAD

NO incluye disposiciones para las condiciones de exposición especialmente severas, tales como la exposición a ácidos o a altas temperaturas.

Tampoco cubre condiciones estéticas tales como el acabado de las superficies del concreto.

Contenido

- 1- Requisitos Generales
- 2- Notación y Definiciones
- 3- Materiales
- 4- Requisitos de Durabilidad
- 5- Calidad del Concreto, Mezclado y Colocación
- 6- Encofrados, Tuberías Embebidas, Juntas de Construcción

Contenido

- 7- Detalles del Refuerzo
- 8- Análisis y Diseño – Consideraciones Generales
- 9- Requisitos de Resistencia y Servicio
- 10- Flexión y Carga Axial
- 11- Cortante y Torsión
- 12- Longitudes de Desarrollo y Empalmes del Refuerzo

Contenido

- 13- Losas en dos Direcciones
- 14- Muros (Muros de Carga)
- 15- Zapatas
- 16- Concreto Prefabricado
- 17- Elementos Compuestos
- 18- Concreto Preesforzado

Contenido

- 19- Cáscaras y Losas Plegadas
- 20- Evaluación de Estructuras
- 21- Disposiciones Especiales para Diseño Sísmico
- 22- Concreto Estructural Simple

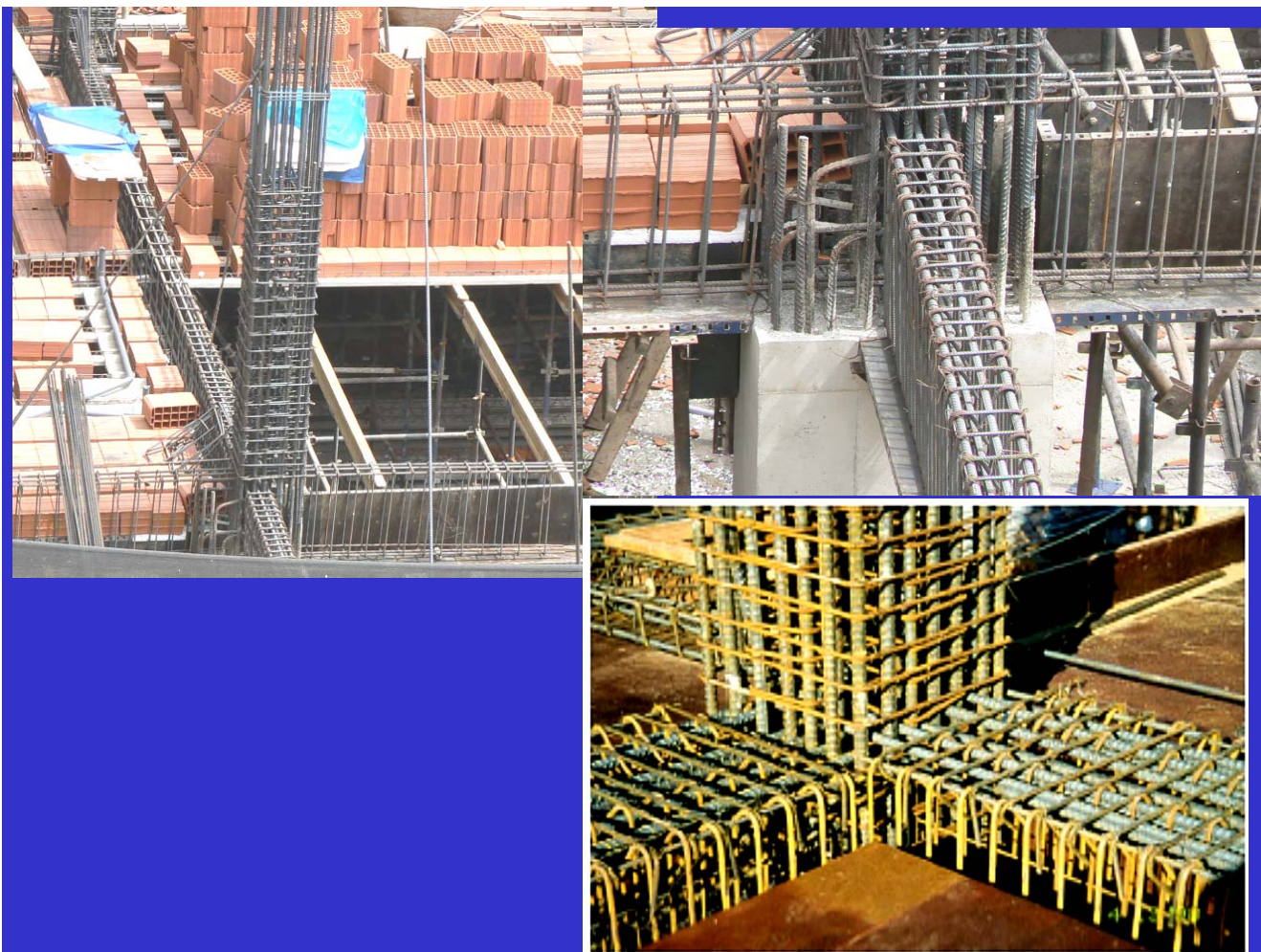
Capítulo 7 - Detalles del Refuerzo

Funciones o Propósitos del Refuerzo

- 1) Resistir los esfuerzos de tracción. En el diseño por resistencia, solemos asumir que el concreto circundante es incapaz de tomar tracciones.
- 2) Asegurar que los anchos de grieta, bajo condiciones de servicio, no excedan de ciertos límites. Debe recordarse que el refuerzo, dentro de los límites prácticos de economía, no puede prevenir el agrietamiento, solo lo controla.
- 3) Prevenir el agrietamiento excesivo producido por la retracción y los cambios de temperatura restringidos.

Funciones o Propósitos del Refuerzo

- 4) Proveer fuerzas de compresión cuando el concreto solo no puede resistir los esfuerzos actuantes.
- 5) Restringir el pandeo de las armaduras en compresión (estribos).
- 6) Proveer confinamiento al concreto en las zonas de esfuerzos de compresión altos de vigas, columnas, nudos.



Capítulo 7 - Detalles del Refuerzo

La Norma de Concreto especifica una serie de detalles mínimos asociados con la colocación de las armaduras de refuerzo en el concreto.

Muchos de estos detalles provienen de la experiencia constructiva y están relacionados con los espaciamientos máximos y mínimos del refuerzo de acero así como con los recubrimientos mínimos de concreto necesarios para proteger a las armaduras.

Capítulo 7 - Detalles del Refuerzo

- Modificaciones menores en las tolerancias para la colocación del refuerzo.
- Reorganización de las exigencias en los recubrimientos mínimos.

Capítulo 7 - Detalles del Refuerzo

- Recubrimientos:
 - Concreto vaciado en sitio - No Preesforzado
 - Concreto vaciado en sitio - Preesforzado
 - Concreto prefabricado (bajo condiciones de control en planta) - Preesforzado o no.

Los valores no han cambiado, solo han sido agrupados convenientemente.

Importancia de un Detallado Adecuado.

Importancia de una Adecuada Construcción y Supervisión – Capítulos 1 al 7

Un buen diseño y un adecuado detallado no son suficientes.

Compatibilidad entre Arquitectura, Estructuras e Instalaciones.

La Norma no es suficiente.





Estribos deficientes. Mala habilitación del fierro



Falta de recubrimientos.



Falta de recubrimiento



Cangrejas y falta de recubrimiento



Cangrejera en una vigueta de aligerado





**Columnas devastadas por corrosión
Chicago, Illinois**



Volados Expuestos a la brisa marina



Ductos y cajas para instalaciones eléctricas.
Del muro de concreto no quedó nada



Ductos y cajas para instalaciones eléctricas.
Del muro de concreto no quedó nada





Tubos para instalaciones sanitarias. Y el muro portante de ladrillo? Bien, gracias.



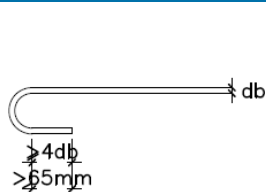
Estribos
Abiertos



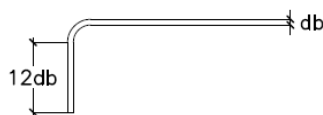


Capítulo 7 - Detalles del Refuerzo

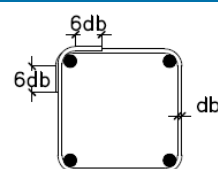
- Gancho estándar para estribos (90 o 135 grados)



gancho estándar
con doblez de 180°



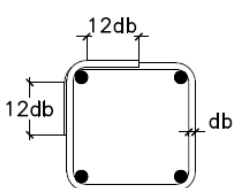
gancho estándar
con doblez de 90°



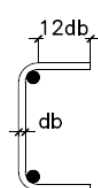
estribo con doblez
a 90° ($db \leq 5/8"$)



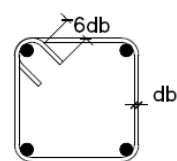
grapa suplementaria con
dobleza a 90° ($db \leq 5/8"$)



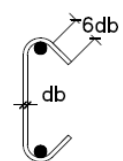
estribo con doblez
a 90° ($db > 5/8"$)



grapa suplementaria con
dobleza a 90° ($db > 5/8"$)



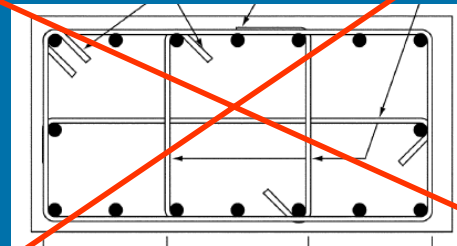
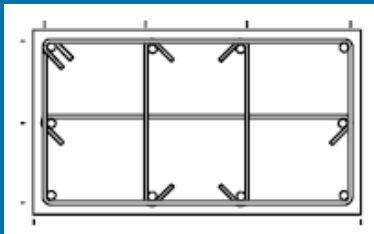
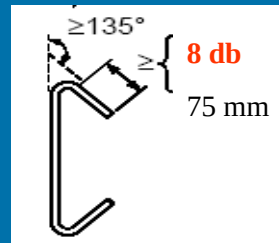
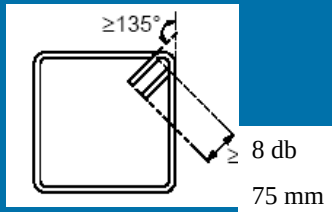
estribo con
dobleza a 135°



grapa suplementaria
con dobleza a 135°

Capítulo 7 - Detalles del Refuerzo

- Ganchos sísmicos: doblez de 135 grados más una extensión de 8 db al extremo libre de la barra, extensión no menor de 75mm.



Capítulo 8 - Análisis y Diseño

- El diseño sigue siendo por Resistencia

Resistencia proporcionada $\geq$ Resistencia Requerida

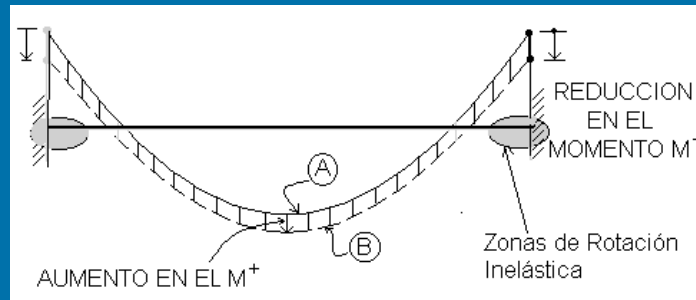
$$\phi Mn \geq Mu \quad (\text{Flexión})$$

$$\phi Vn \geq Vu \quad (\text{Cortante})$$

$$\phi Pn \geq Pu \quad (\text{Compresión})$$

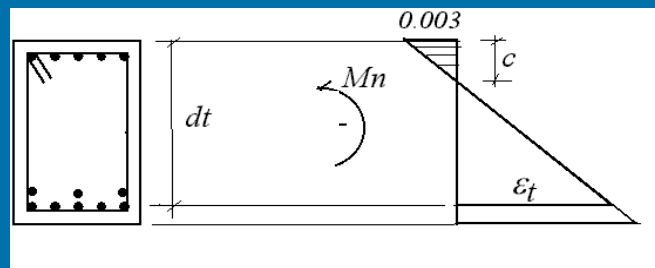
Es necesario comprobar que las respuestas de la estructura (deflexiones, agrietamiento, vibraciones, etc.) queden limitadas a valores tales que el funcionamiento en condiciones de servicio sea satisfactorio.

Redistribución de Momentos



$$\% R = 20 \left(1 - \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \right) \qquad \% R = 20 \left(1 - \frac{A_s - A'_s}{A_s b} \right)$$

$$\% R = 1,000 \varepsilon_t \% \leq 20\%$$



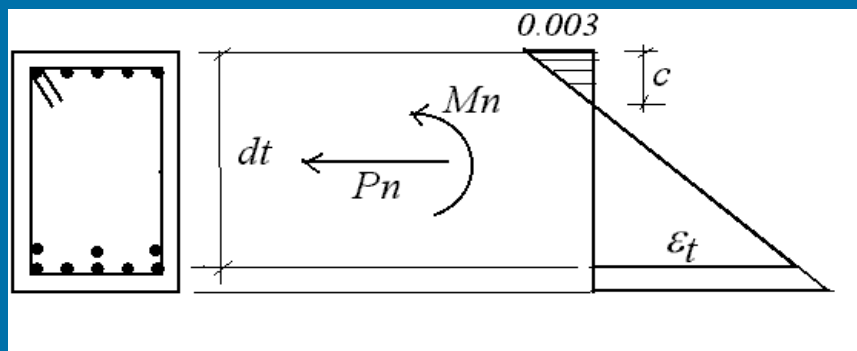
Capítulo 9 – Requisitos Generales para el Análisis y Diseño

- El ACI-05, 08 está basado en los factores U del SEI/ASCE 7-02, IBC 2003.
- Estos factores ya se habían incluido en el Apéndice C del ACI-99.
- Tuvieron que modificar los Factores de Reducción de Resistencia (ϕ) “Clásicos”.
- La Norma Peruana NO ha adoptado el Diseño Unificado.

Resumen últimos cambios en el ACI

ACI-99		ACI-02, ACI-08
A Esfuerzos Admisibles	Eliminado	A Modelos de Puntal y Tirante
B Diseño Unificado	Se incorpora al cuerpo de la Norma	B Disposiciones Alternativas de diseño (ACI-99)
C Factores U de la ASCE	Se incorpora al cuerpo de la Norma con factores ϕ modificados por el ACI	C Factores U y ϕ del ACI - 99
		D Anclajes en el Concreto

Definiciones - Diseño Unificado



Secciones Controladas por Compresión:

$$\epsilon_t \leq 0.002 \quad (f_y = 4,200)$$

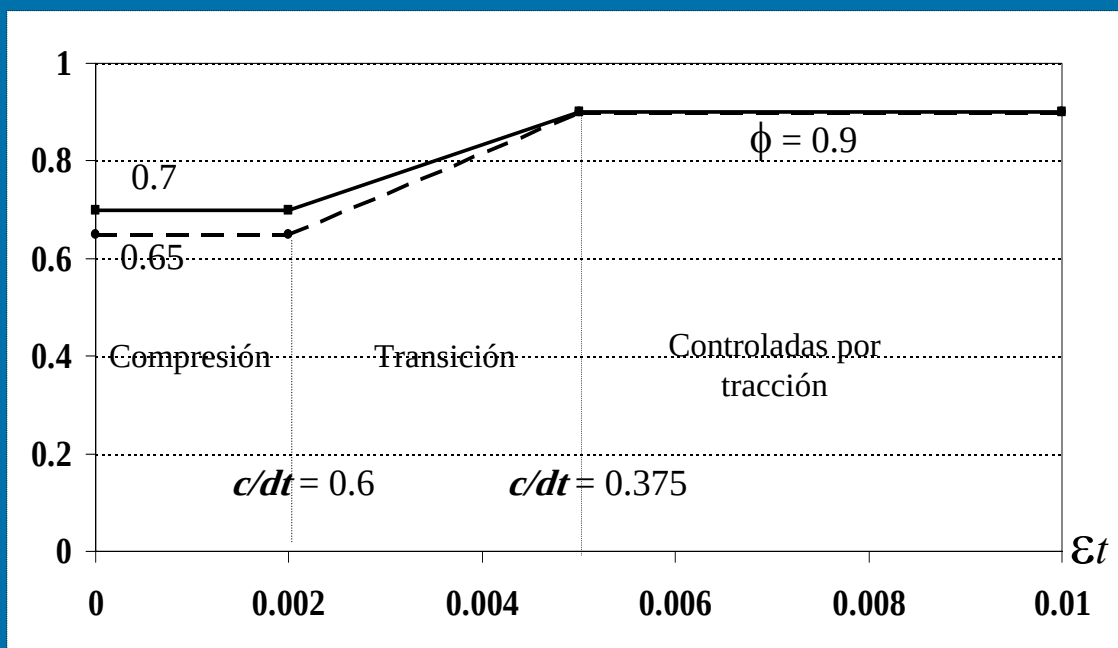
Secciones Controladas por Tracción:

$$\epsilon_t \geq 0.005 \quad (\text{independiente de } f_y)$$

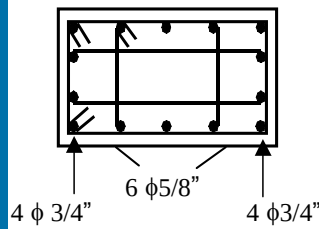
El concepto central del Diseño Unificado es:

Los factores de Reducción de Resistencia (ϕ) dependen de la deformación neta del acero de tracción (ϵ_t) cuando la sección desarrolla o alcanza su Resistencia Nominal (M_n).

Variación Factores ϕ - ACI 08



El ACI-08 y las Columnas

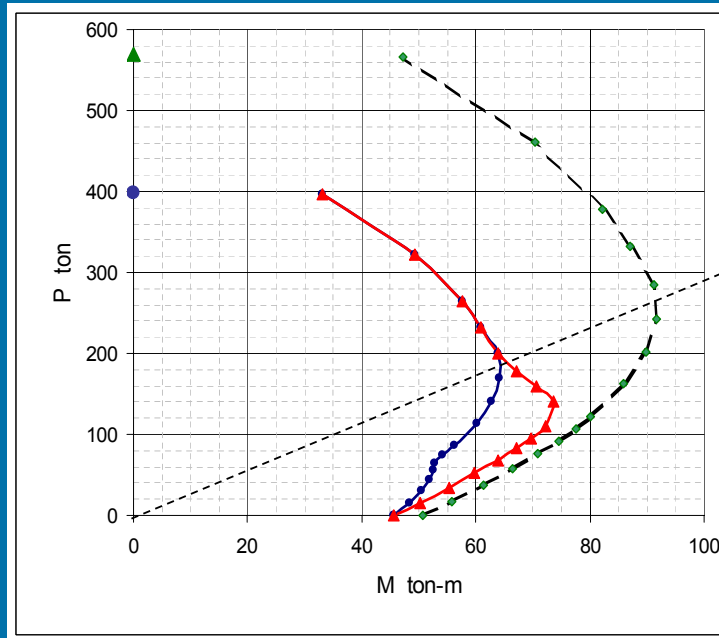


3 $\phi 3/8'' @ 0.30$

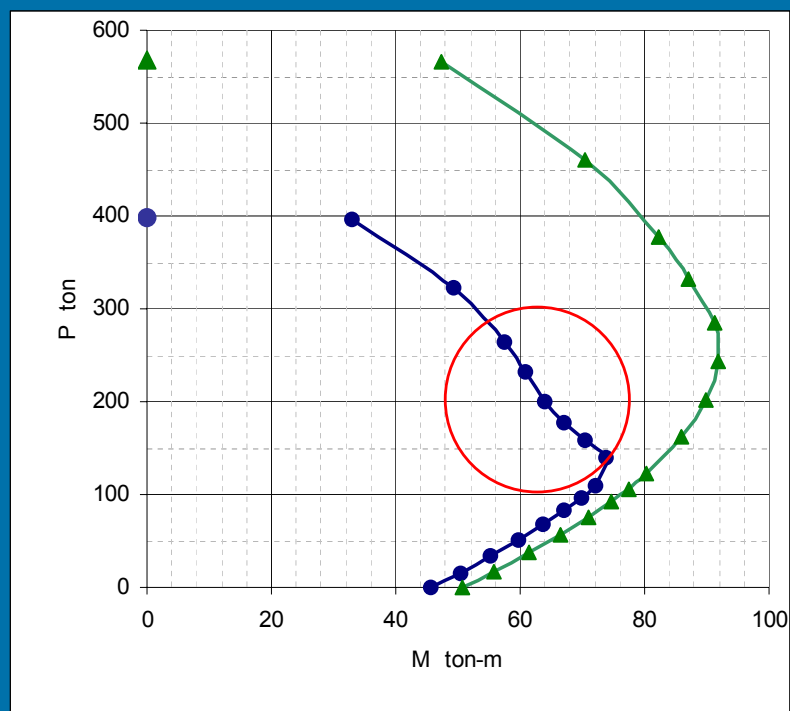
Columna 0.40x0.80

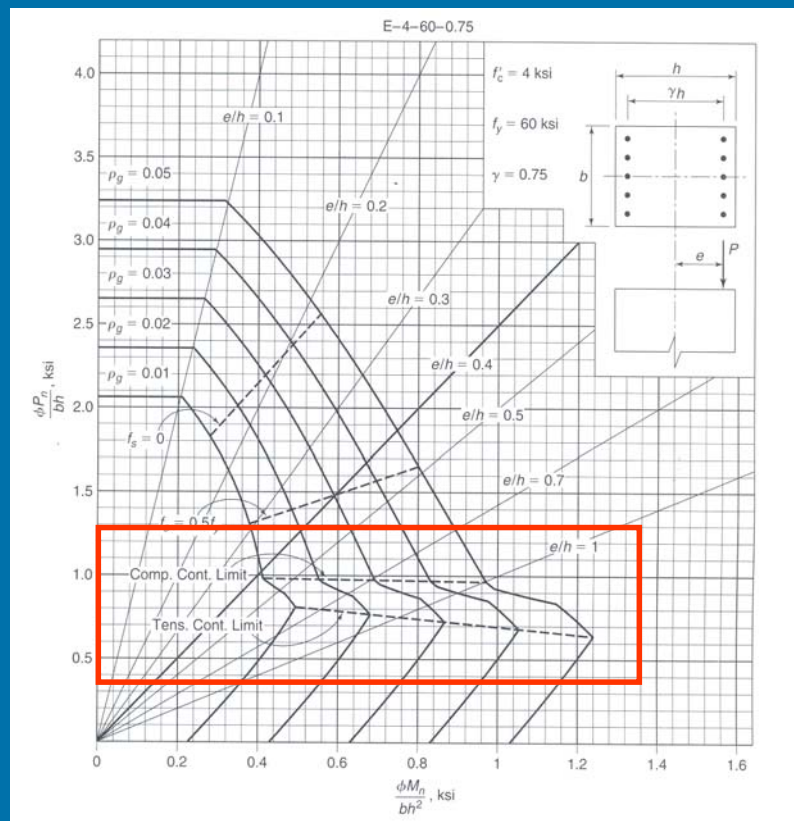
$f'_c = 210$

Flexión alrededor del eje fuerte



eb
(excentricidad balanceada)





Capítulo 9 - Factores de Reducción de Resistencia (ϕ)

	NTE E.060	ACI-08
Flexión. Sec. controladas por tracción	0.9	0.9
Columnas. Sec. controladas por compresión	0.70	0.65
	0.75	0.70
Estridos		
Espirales		
Colum. con poca carga axial. Sec. de transición	Entre 0.7 y 0.9	Entre 0.65 y 0.9
Cortante y Torsión	0.85	0.75
Aplastamiento en el concreto	0.70	0.65
Concreto Simple	0.65	0.55

Factores de Reducción de Resistencia (ϕ)

- El ACI ha reducido (salvo para flexión) los valores de ϕ . Con esto se espera, que con la modificación de los factores U, no se presenten reducciones importantes en los factores globales de seguridad.
- Reducir ϕ , conceptualmente es incorrecto.

Factores de Reducción de Resistencia (ϕ)

- ϕ debe tomar en cuenta: Variabilidad en la resistencia de los materiales, las tolerancias en dimensiones y colocación del acero, inexactitudes en las ecuaciones que predicen la resistencia.
- Nada de lo anterior ha variado. Al contrario, hoy en día es posible predecir con mayor precisión la resistencia de los elementos. Los controles sobre los materiales han mejorado. Conocemos mejor la variabilidad de los materiales.

En consecuencia no hay un fundamento para las reducciones en los factores ϕ adoptada por el ACI a partir del 2002.

Capítulo 9 - Resistencia Requerida (U)

- Combinaciones Básicas

Cargas	NTE E.060 1989	NTE E.060 PROPUESTA	ACI-08
D, L	$1.5D + 1.8L$	$1.4D + 1.7L$	$1.4D$ $1.2D + 1.6L$
D, L, Viento	$1.25 (D+L \pm V)$ $0.9D \pm 1.25V$	$1.25 (D + L \pm V)$ $0.9D \pm 1.25V$	$1.2D + 1.0L \pm 1.3V$ $0.9D \pm 1.3V$
D,L, Sismo	$1.25(D+L \pm S)$ $0.9D \pm 1.25S$	$1.25 (D + L) \pm S$ $0.9D \pm S$	$1.2D + 1.0L \pm 1.0S$ $0.9D \pm 1.0S$

- La reducción de los factores U puede conducir a que, bajo cargas de servicio, los esfuerzos en el acero (f_s) sean mayores ya que se requerirá menor área de acero.
- En consecuencia pueden presentarse problemas con la fisuración y las deflexiones por flexión bajo cargas de servicio.

Comparaciones - Resistencia Requerida (U)

- Cargas Verticales – Falla dúctil por Flexión

Asumamos $L = 0.5 D$ (alig. $h = 0.20$ s/c = 200)

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| 1) NTE E.060 1989 | $1.5 D + 1.8 L = 2.40 D$ |
| 2) NTE E.060 Propu. | $1.4 D + 1.7 L = 2.25 D$ |
| 3) ACI 08 | $1.2 D + 1.6 L = 2.00 D$ |

Propu / 1989 $\approx$ **0.94** (6% reducción en la Res. Req.)

ACI08 / Propu $\approx$ **0.89** (11% reducción en la Res. Req.)

Comparación de los Factores de Seguridad Globales Falla por flexión - Cargas Verticales

$$F.S = (\alpha D + \beta L) \div \phi (D + L) \quad \phi = 0.9$$

L/D	NTE E-060 $\alpha = 1.5 \quad \beta = 1.8$	PROPU $\alpha = 1.4 \quad \beta = 1.7$	Reducción del F.S.
0	1.67	1.56	6.7%
0.5	1.78	1.67	6.3%
1.0	1.83	1.72	6.1%
1.5	1.87	1.76	6.0%

Comparación de los Factores de Seguridad Globales Falla por flexión - Cargas Verticales

$$F.S = (\alpha D + \beta L) \div \phi (D + L) \quad \phi = 0.9$$

L/D	PROPU $\alpha = 1.4 \quad \beta = 1.7$	<u>ACI-08</u> $\alpha = 1.2 \quad \beta = 1.6$ Min 1.4D	Reducción del F.S.
0	1.56	1.56	-
0.5	1.67	1.48	11.1%
1.0	1.72	1.56	9.7%
1.5	1.76	1.60	8.9%

Comparación de los Factores de Seguridad Globales Falla por cortante - Cargas Verticales

$$F.S = (\alpha D + \beta L) \div \phi (D + L) \quad \phi = 0.85 \text{ (NTE)}$$

L/D	NTE E-060 $\alpha = 1.5 \quad \beta = 1.8$	PROPU $\alpha = 1.4 \quad \beta = 1.7$	Reducción del F.S.
0	1.76	1.65	6.7%
0.5	1.88	1.76	6.3%
1.0	1.94	1.82	6.1%
1.5	1.98	1.86	6.0%

Falla por compresión - Cargas Verticales

$$F.S = (\alpha D + \beta L) \div 0.8 \phi (D + L) \quad \phi = 0.70 \text{ (NTE)}$$

$$Pu \text{ max} = \phi (0.8 Po)$$

L/D	NTE E-060 $\alpha = 1.5 \quad \beta = 1.8$	PROPU $\alpha = 1.4 \quad \beta = 1.7$	Reducción del F.S.
0	2.68	2.50	6.7%
0.5	2.86	2.68	6.3%
1.0	2.95	2.77	6.1%
1.5	3.00	2.82	6.0%

Comparación de los Factores de Seguridad Globales Falla por compresión - Cargas Verticales

$$F.S = (\alpha D + \beta L) \div 0.8 \phi (D + L) \quad \phi = 0.70 \text{ (NTE)}$$

$$Pu \text{ max} = \phi (0.8 Po) \quad \phi = \mathbf{0.65 \text{ (ACI)}}$$

L/D	PROPU. $\alpha = 1.4 \quad \beta = 1.7$	<u>ACI 08</u> $\alpha = 1.2 \quad \beta = 1.6$ MIN 1.4 D	Reducción del F.S.
0	2.50	2.69	-
0.5	2.68	2.56	4.3%
1.0	2.77	2.69	2.7%
1.5	2.82	2.77	1.9%

Propuesta para la Norma E-060

Resistencia Requerida (U)

Resumen Combinaciones Básicas

Cargas	Actual	Propuesta
D,L	$1.5D + 1.8L$	$1.4D + 1.7L$
D,L, Viento	$1.25 (D + L \pm V)$ $0.9D \pm 1.25V$	$1.25 (D + L \pm V)$ $0.9D \pm 1.25V$
D,L, Sismo	$1.25 (D + L \pm S)$ $0.9D \pm 1.25S$	$1.25 (D + L) \pm S$ $0.9D \pm S$

Para Sismo definido a nivel de Resistencia

Capítulo 9 – Resistencia Mínima

- Se ha dividido en dos grandes partes:

Parte 1: Requisitos generales de Resistencia

Parte 2: Requisitos Generales de Servicio

Capítulo 9 – Resistencia Mínima

- Se fija la Resistencia mínima del Concreto con fines estructurales en 175 kg/cm².
- Concreto Estructural Simple (Cap.22) 140 kg/cm²
- Elementos con responsabilidad sísmica (Cap. 21) 210 kg/cm²
- Edificios de Muros de Ductilidad Limitada (Cap 21) 175 kg/cm²

Capítulo 9 – Resistencia Máxima

- No se fija un valor máximo para f'_c .
- Salvo para elementos con responsabilidad sísmica (Cap. 21)

$$f'_c \text{ max} = 550 \text{ kg/cm}^2$$

Otras Normas también fijan un valor máximo para f'_c en elementos con responsabilidad sísmica por problemas de baja ductilidad (poca deformación de rotura).

Capítulo 9 – Resistencia de Diseño para el refuerzo de acero

- f_y, f_{yt} max. 5,500 kg/cm²
- Espirales f_{yt} max 7,000 kg/cm² (Cap.10)
- f_y, f_{yt} max. Cortante 4,200 kg/cm² (Cap. 11)
- f_y, f_{yt} max. Torsión 4,200 kg/cm² (Cap. 11)
- Elementos con responsabilidad sísmica (Cap. 21)
4,200 kg/cm²
- Edificios de Muros de Ductilidad Limitada (Cap 21)
Se permiten mallas electrosoldadas

Capítulo 9 - Deflexiones

Se mantiene la metodología del 89 para el cálculo de deflexiones.

$$\text{Inercia Efectiva} = \text{Inercia Fisurada}$$



Agrietamiento en tabique por deflexión del elemento de soporte

Capítulo 9 - Deflexiones

	Espesor o peralte mínimo, h			
	Simple apoyo	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elemento	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas Macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Capítulo 9 -

REFUERZO POR CAMBIOS VOLUMÉTRICOS

Barras Lisas	0.0025
Barras corrugadas con $f_y < 4,200$	0.0020
Barras corrugadas $f_y \geq 4,200$	0.0018
Mallas Electrosoldadas $f_y \geq 4,200$	0.0018

Espaciamientos máximos:

$$S \leq 3t$$

$$S \leq 0.40 \text{ m}$$

Capítulo 9 -

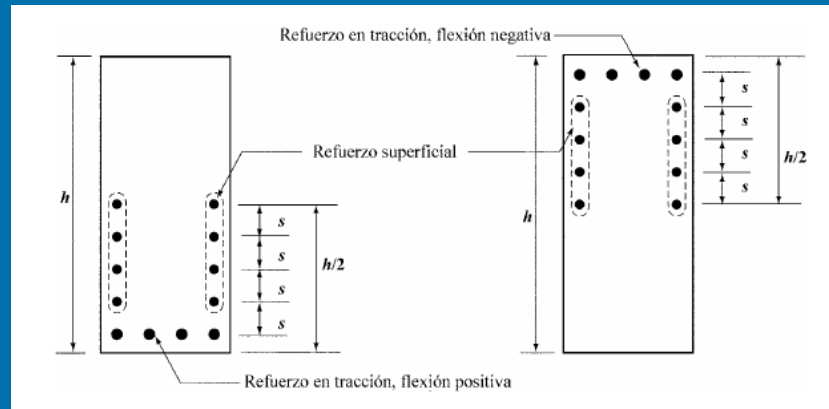
Distribución del Refuerzo en elementos en flexión

Se mantiene:

$$Z = f_s \sqrt[3]{dc} A_c t$$

$$z \leq 26,000 \text{ (valor único)}$$

Capítulo 9 - Acero repartido en el alma - Vigas de $h \geq 0.90 \text{ m}$



Ask puede considerarse en los cálculos de resistencia en flexión

$$s \leq 30 \text{ cm},$$

$$\text{Para } f_s = 0.6 f_y \text{ y } C_c = 5 \text{ cm}$$

$$s \leq 38 (2500 / f_s) - 2.5 C_c \quad \Rightarrow \quad s \leq 25 \text{ cm}$$

$$s \leq 30 (2500 / f_s)$$

Capítulo 10 – Flexión y Carga Axial

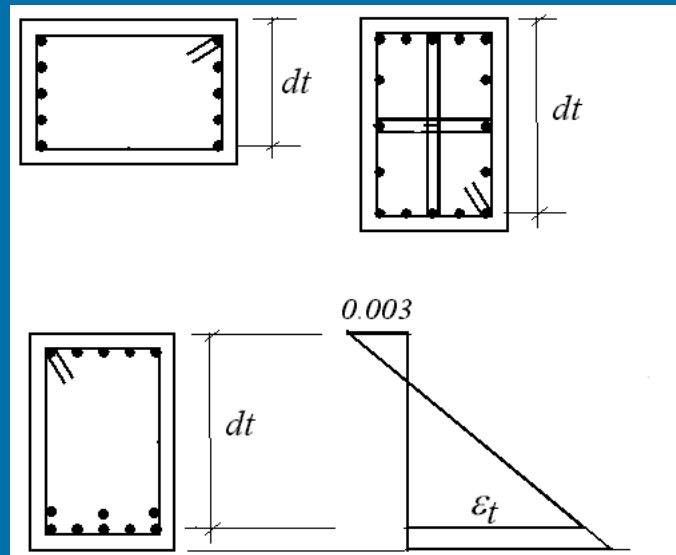
- No hay cambio en las hipótesis de diseño
- Se mantiene el concepto de Cuantía Balanceada y el límite de $0.75 \rho_b$.

- Se considera a una sección como viga si

$$P_u < 0.1 f'_c A_g$$

- Se permite interpolar ϕ para cargas axiales bajas

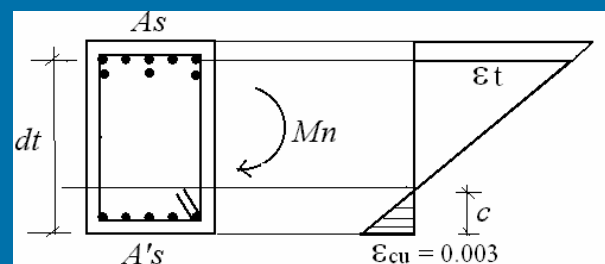
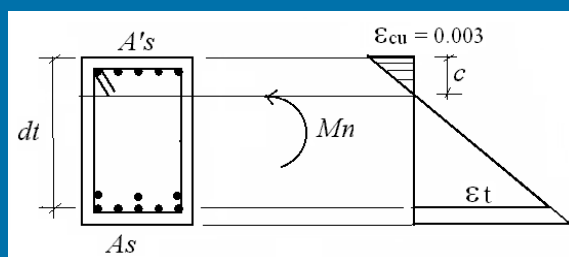
VIGAS



dt = distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del acero más alejado.

ϵ_t = deformación neta en el acero más alejado cuando se alcanza la resistencia nominal de la sección.

VIGAS

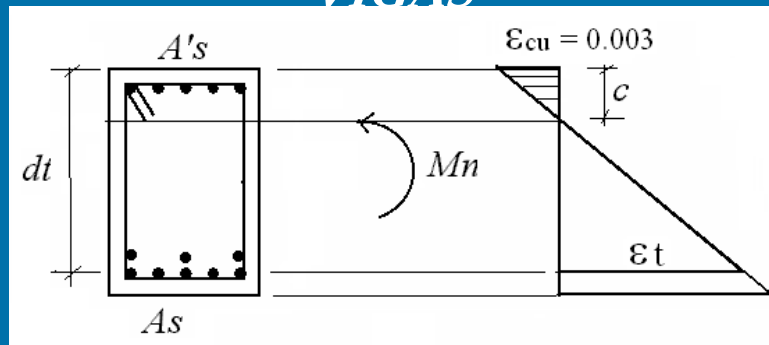


ϵ_t = deformación neta en el acero más alejado cuando la sección alcanza su resistencia nominal.

Se excluyen las deformaciones en el acero debidas al preesfuerzo, flujo plástico, retracción, cambio de temperatura.

Alternativa a Asb – Nueva Norma Peruana E-060 -

VIGAS



Para cualquier geometría y distribución del acero:

$$c/dt = 0.003 / (0.003 + \epsilon_t) \quad \epsilon_t = 0.003 (dt / c - 1)$$

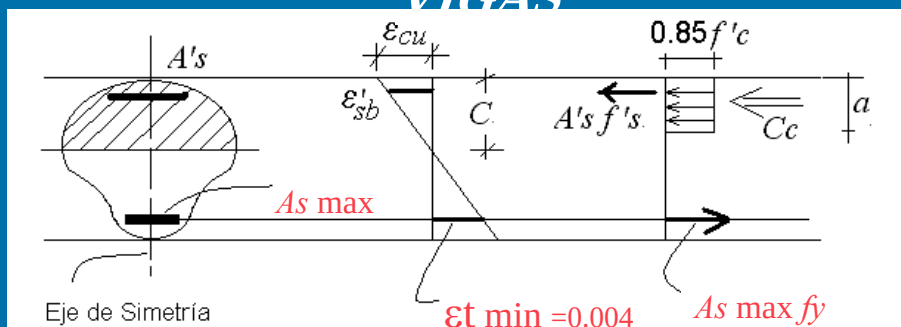
- La deformación mínima del acero en tracción cuando la sección alcanza su resistencia debe ser:

$$\epsilon_t \geq 0.004 \quad \underline{\epsilon_t \text{ min} = 0.004}$$

- Este límite obliga a que $c/dt \leq 0.43$
- El límite anterior, para una sección rectangular, equivale a $0.72 \rho_b$.

Alternativa a Asb – Nueva Norma Peruana E-060 -

VIGAS



- Se considera a una sección como viga si $P_u < 0.1 f'c A_g$
- Para cualquier geometría y distribución del acero:

$$c/dt = 0.003 / (0.003 + \epsilon_t) \quad \epsilon_t = 0.003 (dt / c - 1)$$

- La deformación mínima del acero en tracción cuando la sección alcanza su resistencia debe ser:

$$\epsilon_t \geq 0.004 \quad \underline{\epsilon_t \text{ min} = 0.004}$$

- Este límite obliga a que $c/dt \leq 0.43$
- El límite anterior, para una sección rectangular, equivale a $0.72 \rho_b$.

Capítulo 10 – Acero Mínimo por flexión

$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr}$$

- Para secciones rectangulares y T con el ala en compresión:

$$A_{s \min} = \frac{0,22 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$

- Para losas estructurales y zapatas:

Acero mínimo por cambios volumétricos

Capítulo 10 - Vigas Pared

- Una sola definición $L_n \leq 4 h$
- Deben analizarse y diseñarse tomando en cuenta la distribución no lineal de deformaciones.
- El acero mínimo por flexión es el mismo que para vigas esbeltas.
- Las ecuaciones para evaluar la resistencia al corte proporcionada por el concreto (V_c) y el acero (V_s) son las del ACI 318-99 (sección 11.8).

Vigas Pared

- El diseño por cortante debe hacerse con Capítulo 11

- Se fija un límite absoluto al cortante:

$$V_n \leq 2.7 (f'c)^{1/2} b_w d$$

$$V_u \leq \phi 2.7 (f'c)^{1/2} b_w d \quad \phi = 0.85$$

- Refuerzos mínimos verticales y horizontales:

$$A_v \geq 0.0025 b_w S_v \quad (S_v \leq d/5 \text{ ó } 0.30 \text{ m})$$

$$A_{vh} \geq 0.0015 b_w S_h \quad (S_h \leq d/5 \text{ ó } 0.30 \text{ m})$$

Capítulo 11 - Cortante y Torsión



Falla por cortante en columna (placa)





Falla por cortante en
columna con estribos.

Sismo San Fernando 71



Falla por cortante
en columna.

Sismo Moquegua
2001



Falla por corte en
vigas de
acoplamiento

Capítulo 11 - Cortante y Torsión

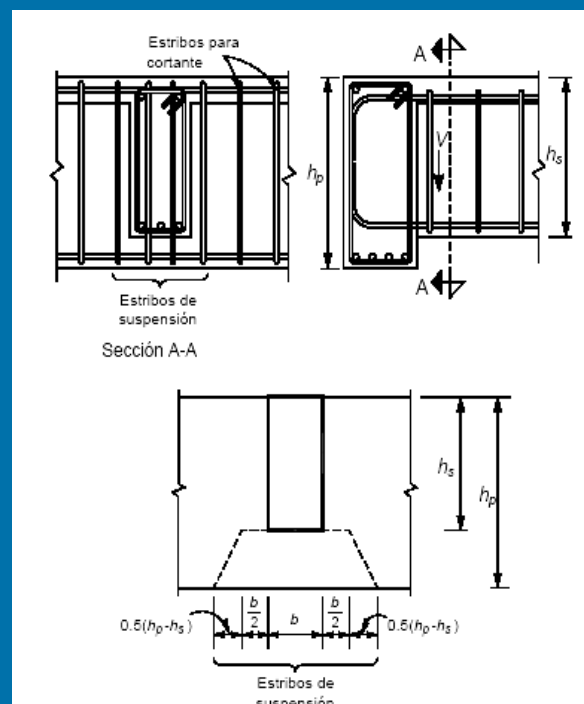
- Totalmente modificado
- Sin embargo, la metodología para el diseño por cortante no ha variado en esencia.

Capítulo 11 - Cortante y Torsión

- Cambio (incremento) en los estribos mínimos por cortante para concretos de alta resistencia.
- Cambios en Vigas pared.
- Estribos en losas.

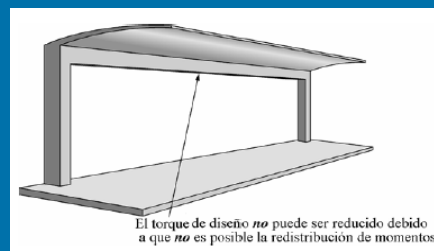
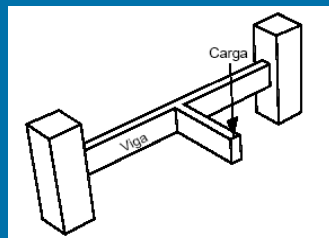
Capítulo 11 - Cortante y Torsión

- Estribos adicionales en vigas que reciben a otras vigas

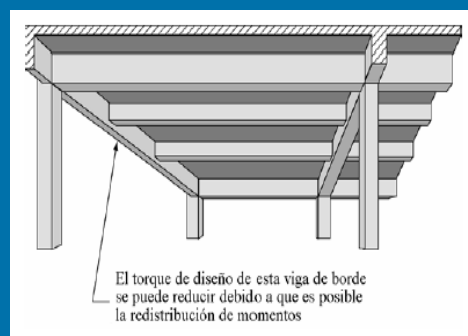
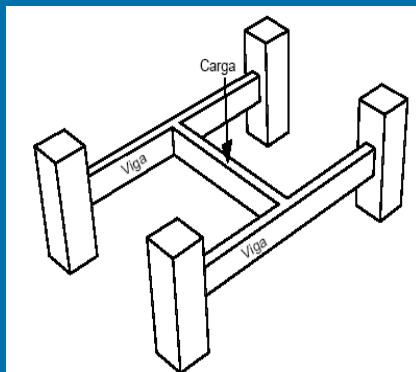
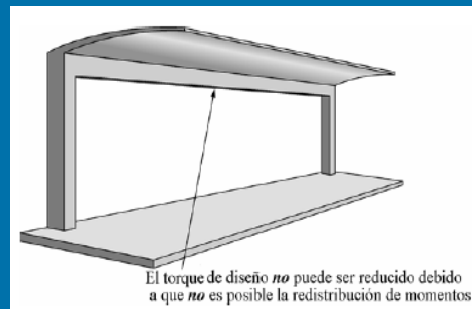
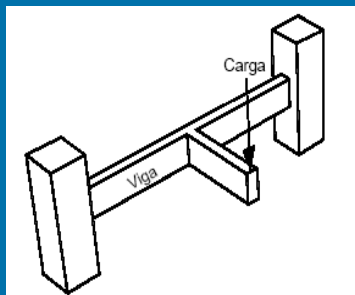


Capítulo 11 - Torsión

- Diseño por torsión Cambio total
- Cambio en los estribos mínimos por torsión.
- Torsión en secciones huecas.
- Influencia de N_u (tracción o compresión) en la resistencia a la torsión. Caso de columnas.



Capítulo 11 - Torsión



Capítulo 11 - Muros

- Acápite especial para fuerzas cortantes en el plano del muro

Capítulo 11 - Cortante en Losas

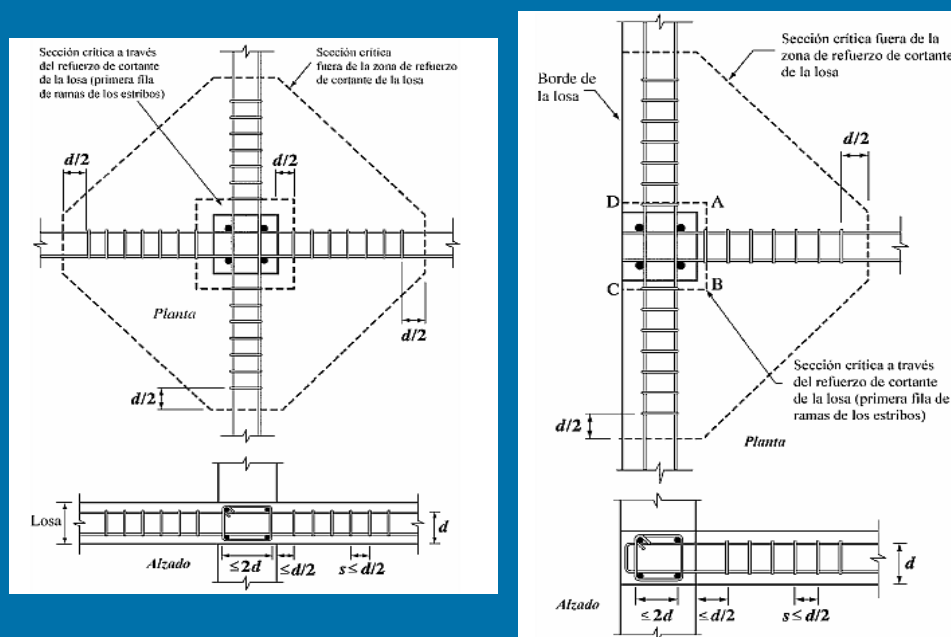
- Para corte en dos sentidos (punzonamiento) se permite el uso de refuerzo por corte en la forma de estribos simples o múltiples si:

$$d \geq 0.15 \text{ m}$$

$$d \geq 16 \text{ veces el diámetro del estribo}$$

- Los estribos deben estar anclados con ganchos estándar.
- Espaciamiento máximo de los estribos = $d/2$

Capítulo 11 - Cortante en Losas



Disposición de los estribos por cortante en columnas interiores y exteriores

Capítulo 12 - Anclajes y Empalmes

- Los cambios importantes en el ACI se introdujeron en el 83, 89 y 95 .
- Las longitudes de anclaje en compresión y los ganchos no han variado.
- Donde hay diferencias importantes es en las longitudes de anclaje de barras rectas en tracción. Las longitudes especificadas por la actual Norma Peruana están basadas en el ACI-83.

Capítulo 12 - Anclajes y Empalmes

• Longitud de anclaje en tracción (barras rectas)

- Barras de 3/4" o menos

$$ld = (\alpha\beta\lambda) \frac{fy db}{8,2 \sqrt{f'_c}} \quad (cm)$$

- Barras de más de 3/4"
(25% mayor)

$$ld = (\alpha\beta\lambda) \frac{fy db}{6,6 \sqrt{f'_c}} \quad (cm)$$

α = Posición de la barra (1.0 ó 1.3)

β = Recubrimiento epóxico (1.0, 1.2, 1.5)

λ = Concreto de agregados ligeros (1.0, 1.3)

$ld \geq 30 \text{ cm}$

• Longitud de anclaje en tracción (barras rectas)

$f'_c = 210 \quad fy = 4,200$

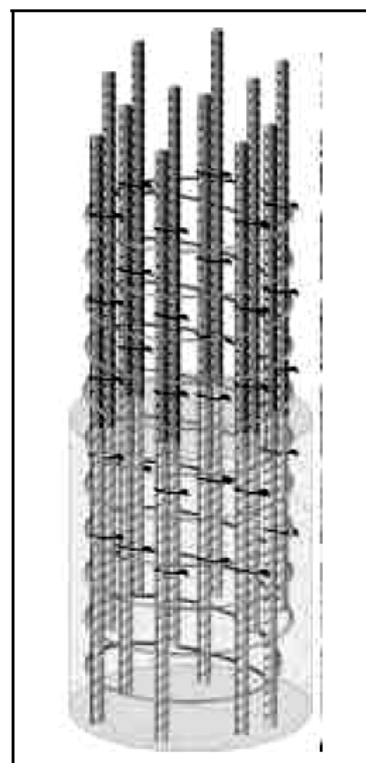
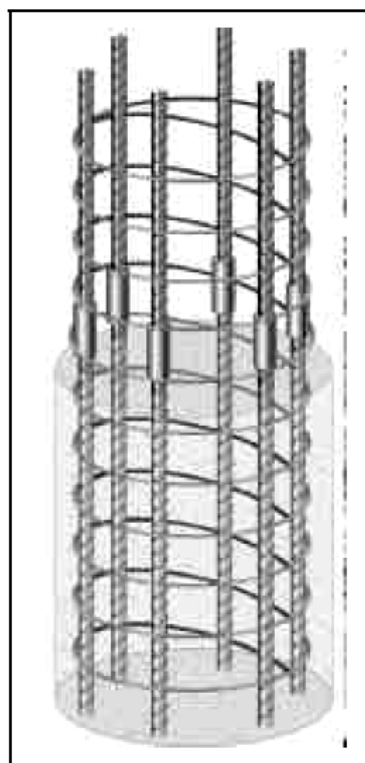
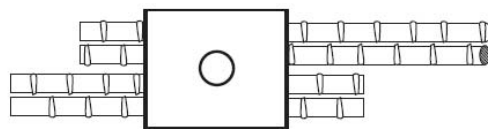
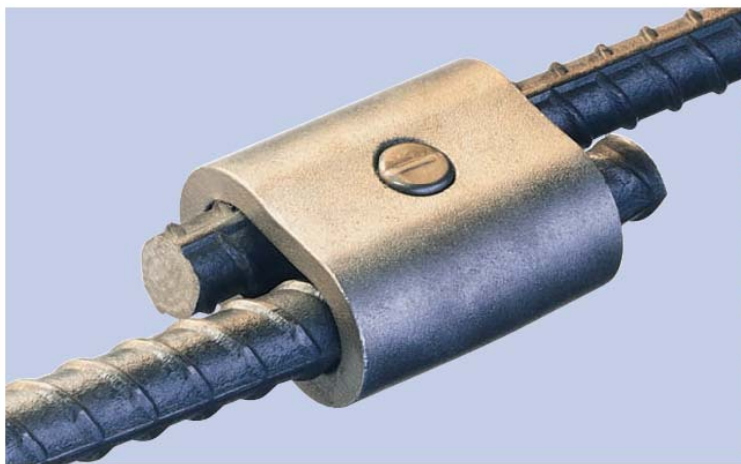
Barra	NTE E-060	ACI-08	Propuesta
3/8"	0.30	0.40	0.35
1 /2"	0.30	0.55	0.45
5/8"	0.40	0.70	0.55
3 /4"	0.50	0.85	0.65
1"	0.90	1.40	1.10
1 3/8"	1.75	1.95	1.60

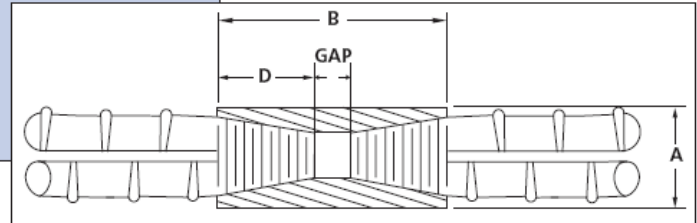
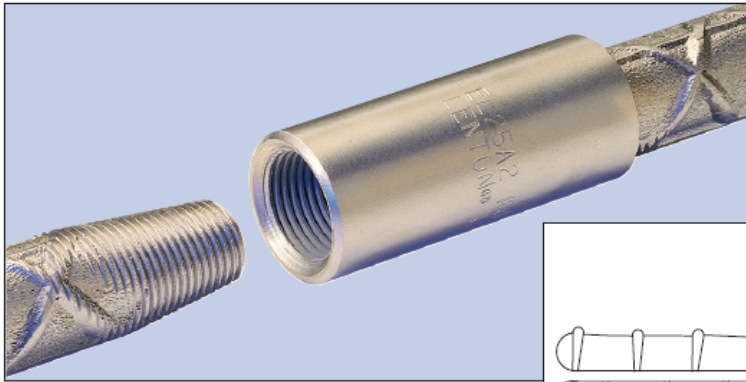
$\alpha = 1.0 \quad \beta = 1.0 \quad \lambda = 1.0$

Capítulo 12 - Anclajes y Empalmes

- Posibilidad de emplear dispositivos mecánicos par anclaje y empalme de barras.





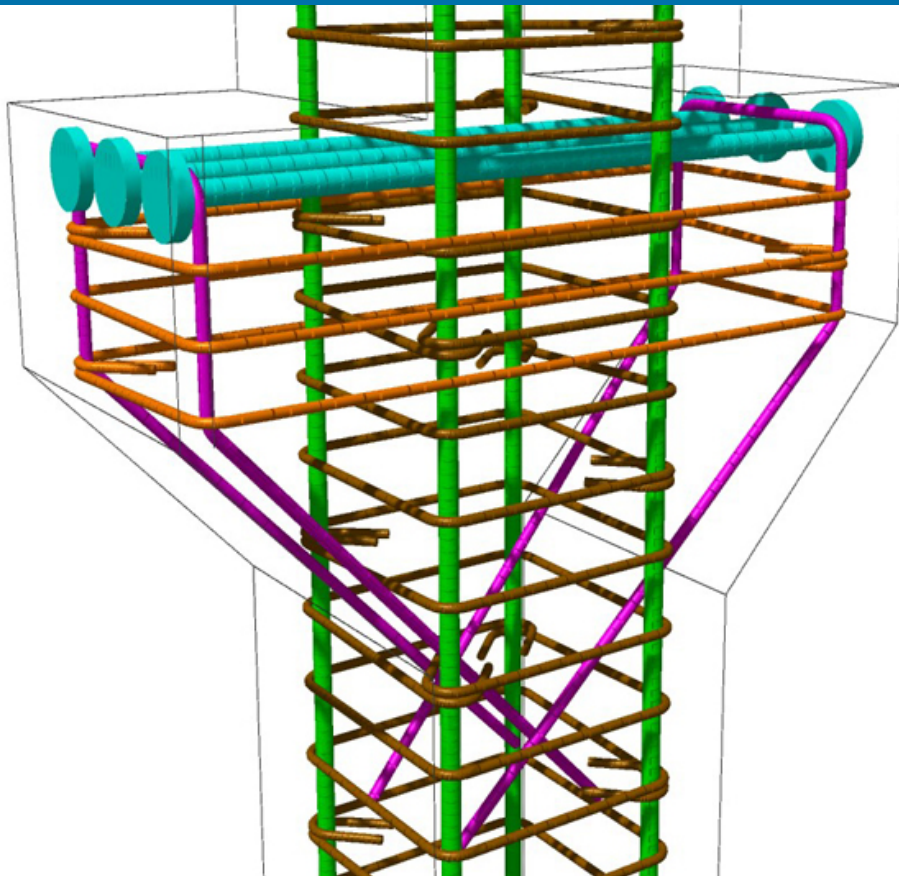


Description









Capítulo 13 - LOSAS

- No se ha considerado el Método del Pórtico Equivalente.
- Se mantienen la Tablas de Coeficientes para los momentos flectores en losas.

Capítulo 14 - Muros (de carga)

- Disposiciones de este Capítulo son aplicables a:
 - a) Muros sometidos a carga axial con o sin flexión transversal a su plano, denominados muros de carga.
 - b) Muros sometidos a cargas normales a su plano.
 - c) Muros de contención.

Los muros sometidos a cargas verticales y cargas horizontales en su plano, provenientes de las acciones sísmicas, denominados placas o muros de corte, se diseñarán de acuerdo a las disposiciones del Capítulo 21.

Capítulo 14 - Muros (de carga)

– MUROS ANCLADOS

En el diseño de muros de contención con anclajes temporales o permanentes, deberá prestarse especial atención en la verificación de los esfuerzos de punzonamiento ocasionados por los dispositivos de anclaje. En el diseño deberán considerarse las solicitaciones correspondientes a cada una de las diferentes etapas de la construcción.

Capítulo 15 - Zapatas

Se podrá considerar un incremento del 30% en el valor de la presión admisible del suelo para los estados de cargas en los que intervengan cargas temporales, tales como sismo o viento.

Capítulo 15 - Zapatas

Para determinar los esfuerzos en el suelo o las fuerzas en pilotes, las acciones sísmicas podrán reducirse al 80% de los valores provenientes del análisis, ya que las solicitaciones sísmicas especificadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente están especificadas al nivel de resistencia de la estructura.

Capítulo 21

• DISPOSICIONES ESPECIALES PARA EL DISEÑO SÍSMICO



Sistemas estructurales

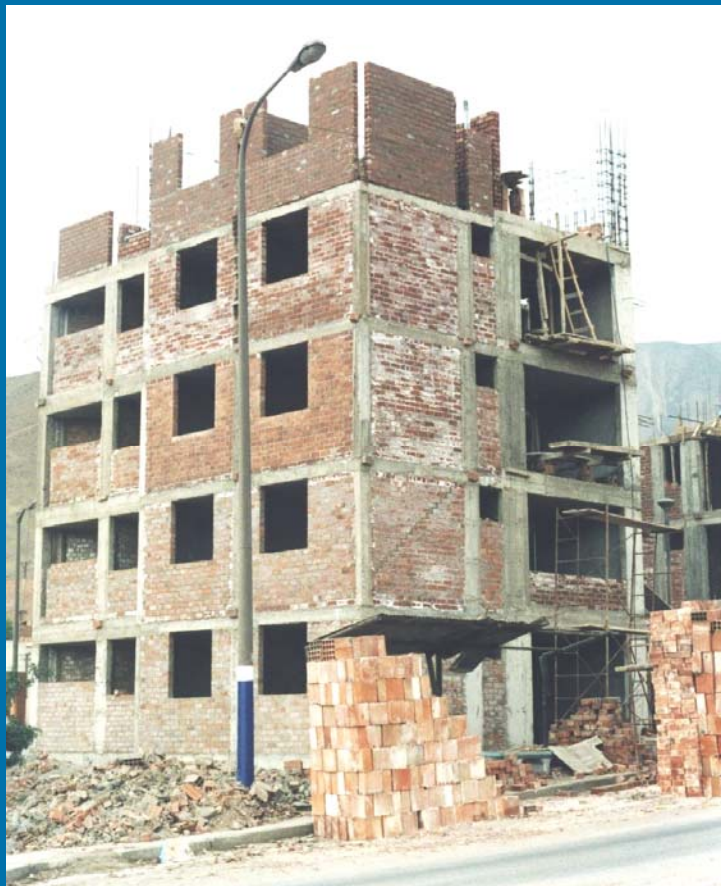




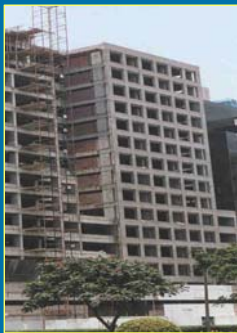
Aporticado con muros de relleno



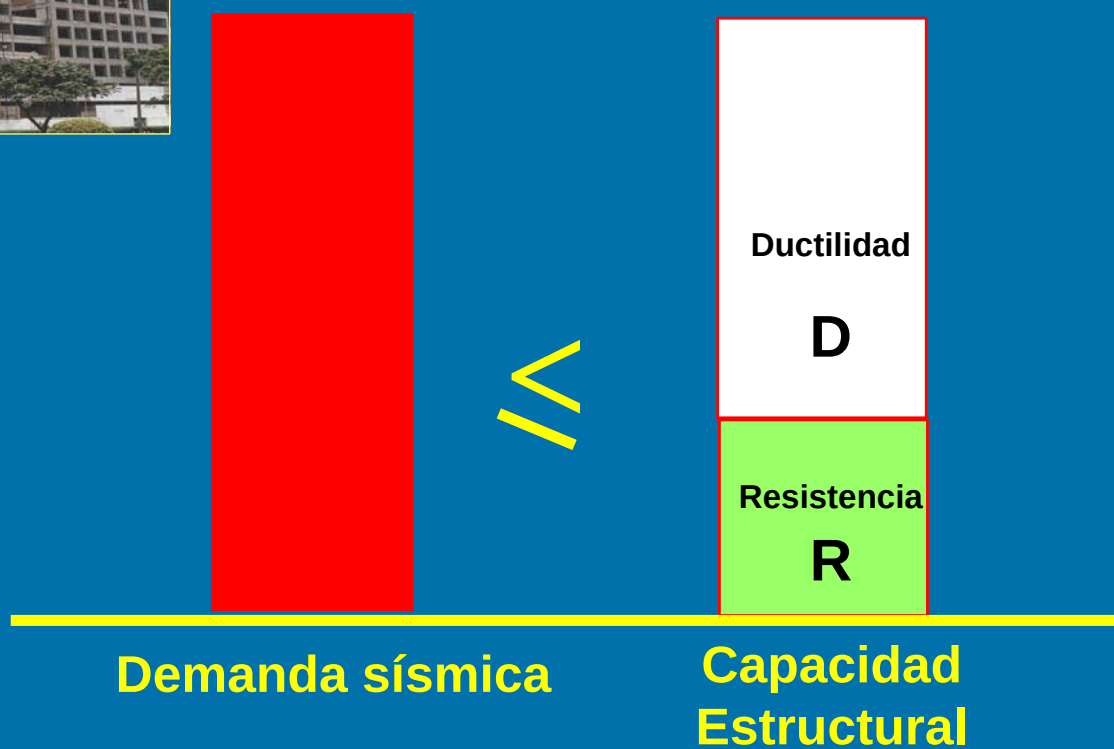




Híbrido

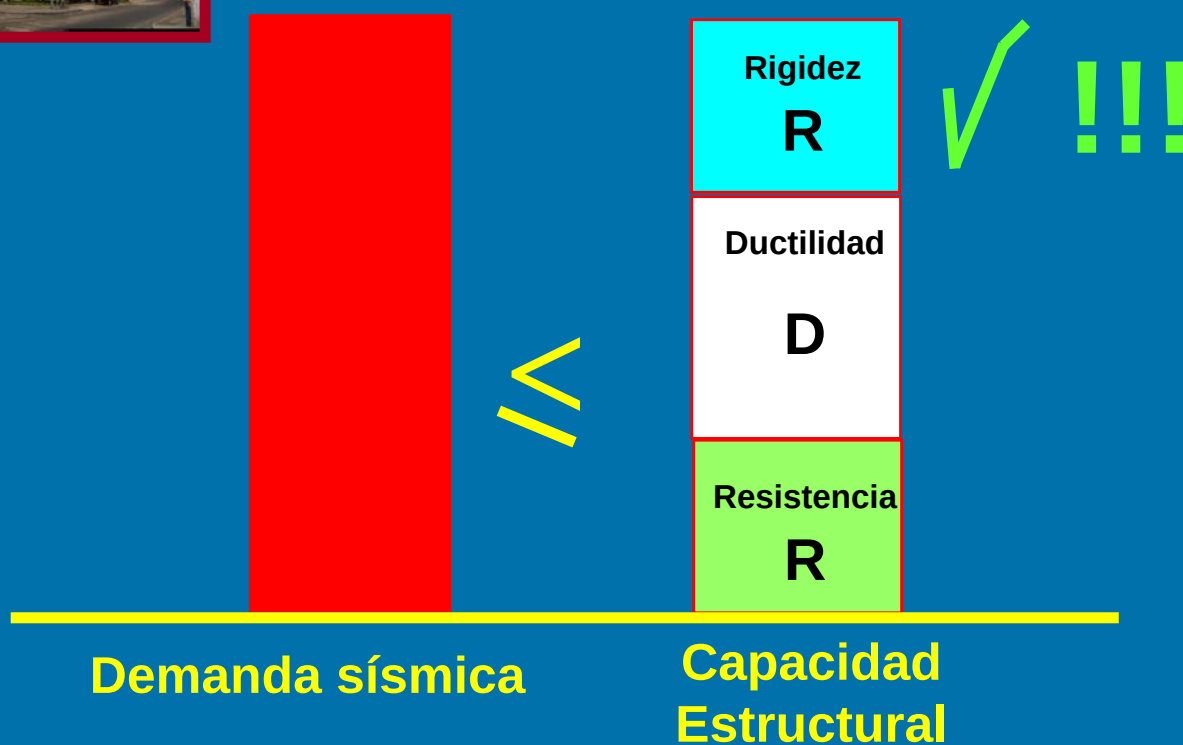


enfoque clásico





enfoque “reciente”



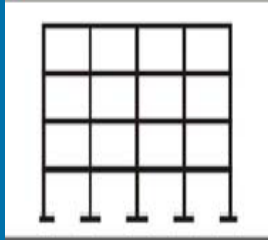
Factores de Reducción Norma 2003

Sistema Estructural	R estructuras regulares
Concreto Armado	
Pórticos.	8
Dual.	7
De muros estructurales.	6
Muros de ductilidad limitada.	4

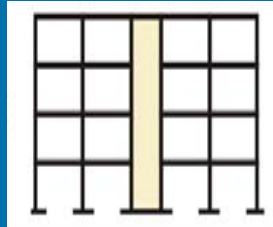
Requisitos de resistencia:

Norma de Diseño

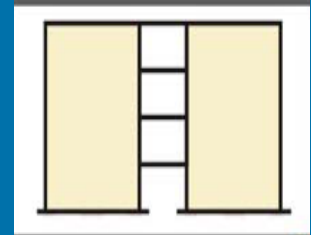
Sismorresistente



R=8



R=7

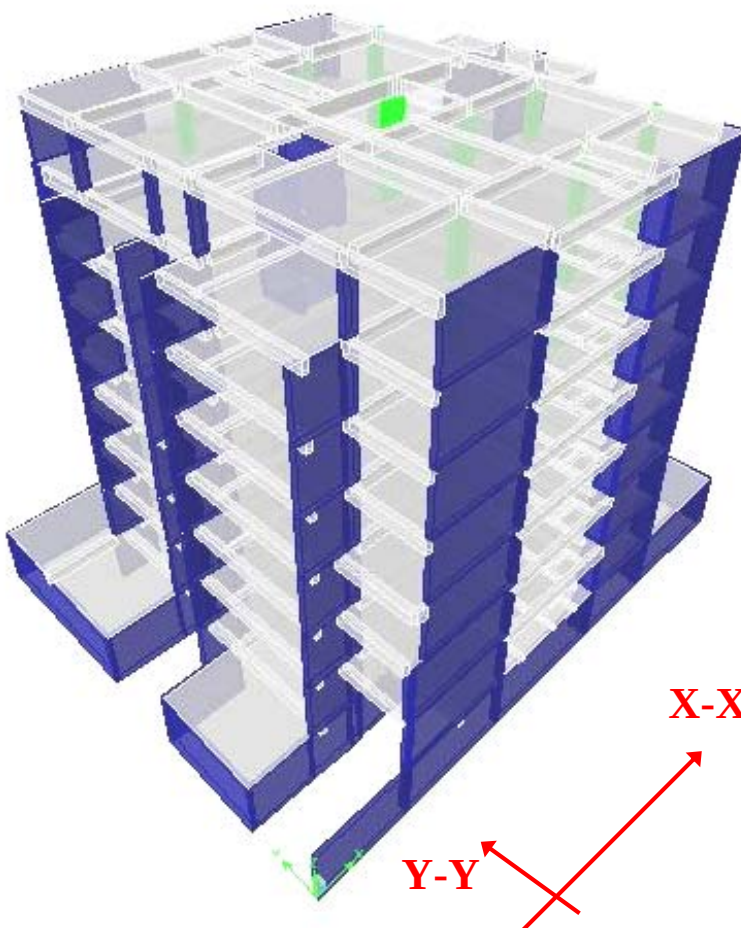
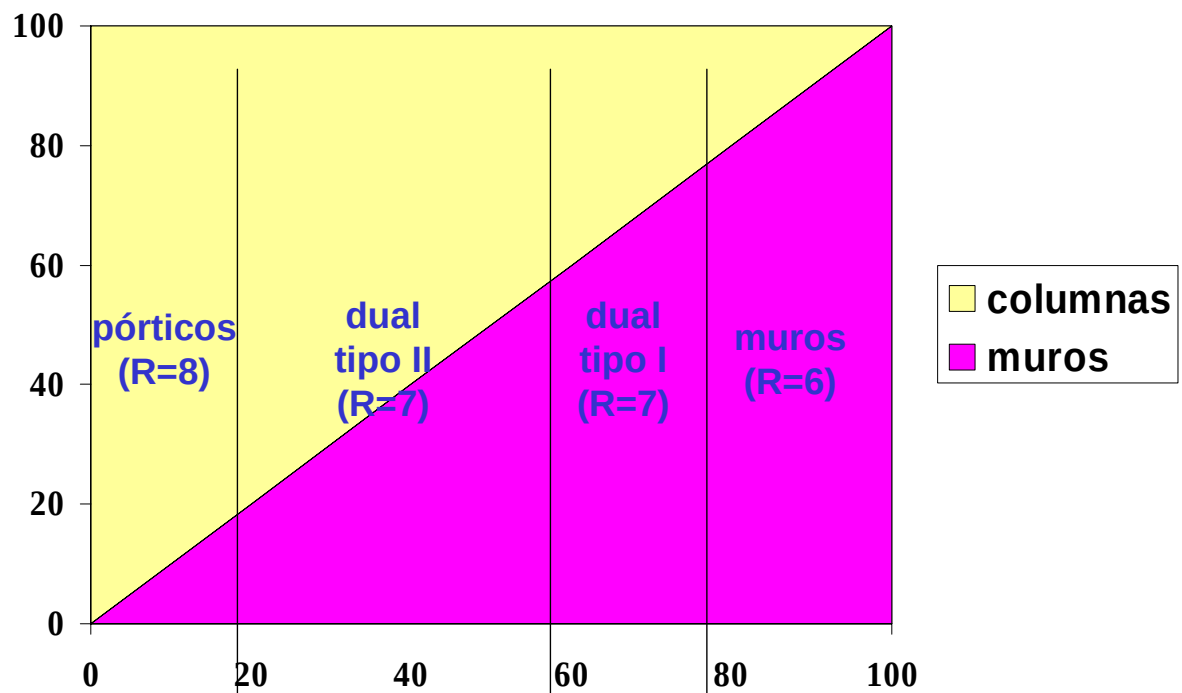


R=6

LIMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO

	(Δ_i / h_{e_i})
Concreto Armado	0,007
Ductilidad limitada	0,005

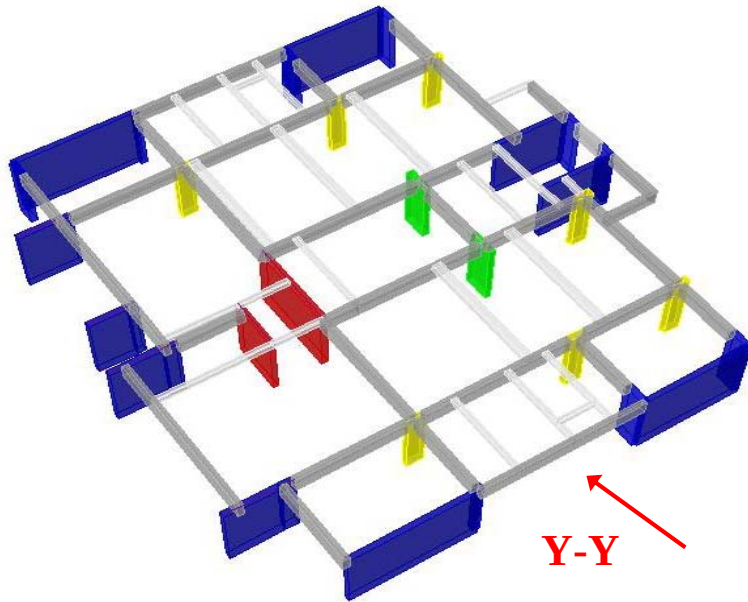
Sistemas resistentes a fuerzas laterales



Edificio de
7 pisos +
sótano

X-X : Muros

Y-Y : ?



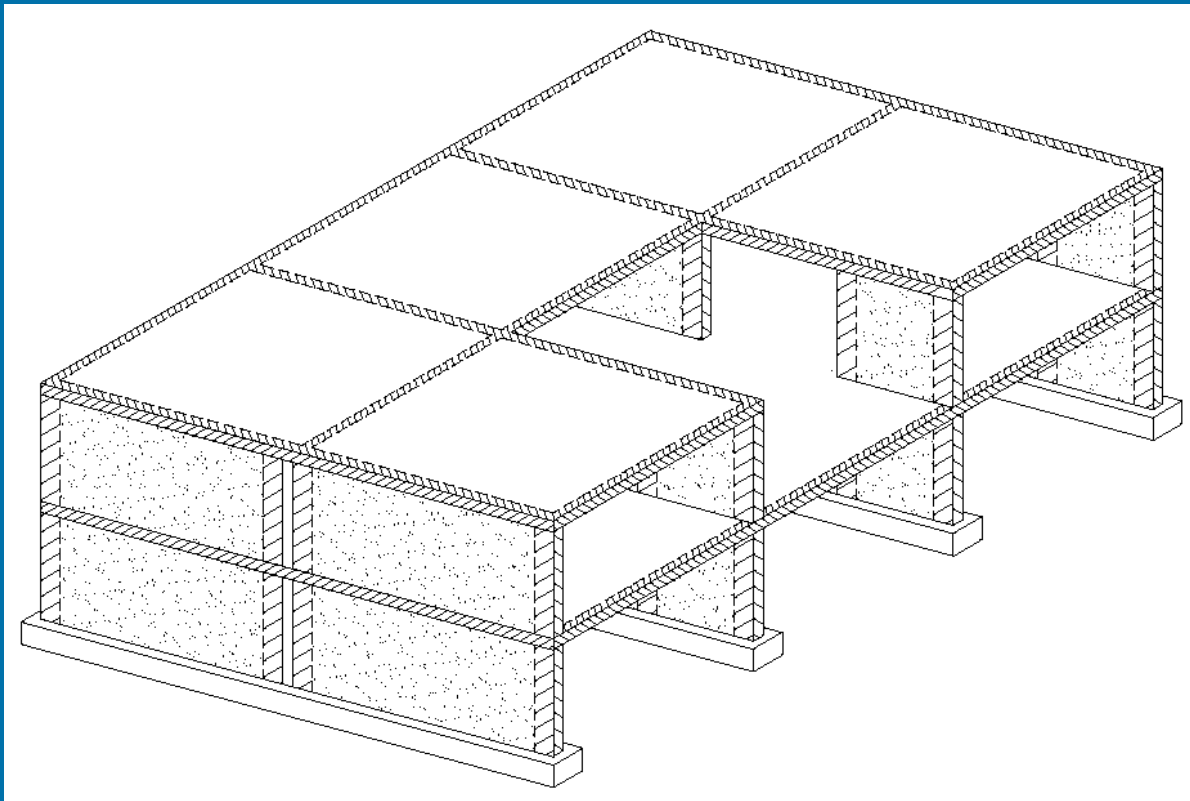
Y-Y

Sistema Dual, Tipo ?

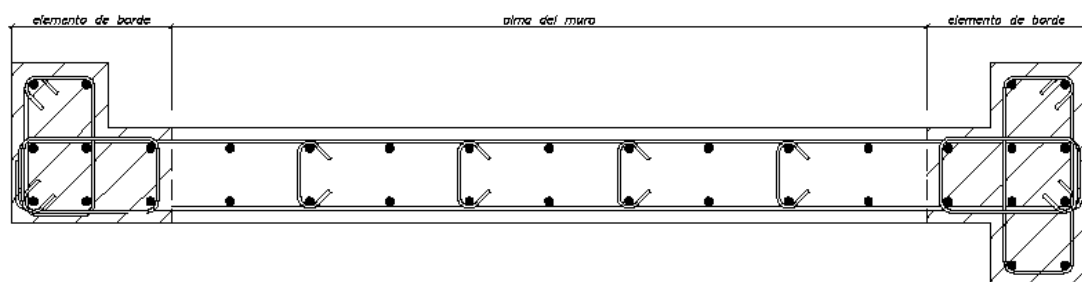
$V_{\text{placas}} = 40 \% V_{\text{edificio}} \Rightarrow$
Dual Tipo II : !!! Requerimientos especiales de ductilidad en vigas y columnas !!!

DEFINICIONES Y REQUISITOS GENERALES

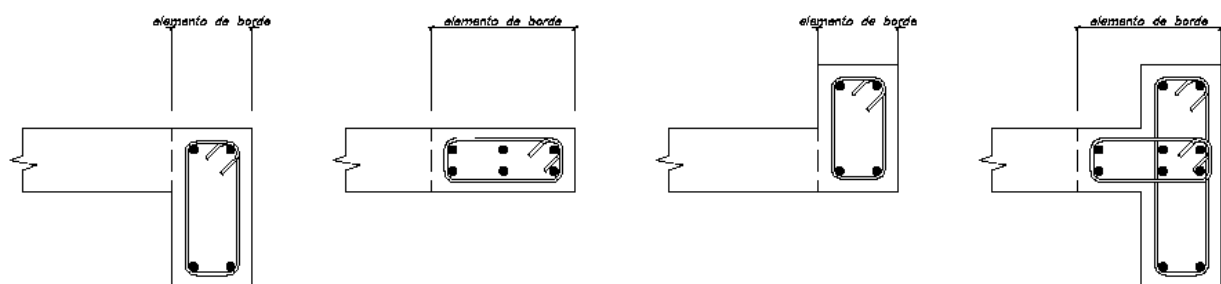
Diafragma estructural, muro estructural, elementos colectores y elementos de borde



Elementos de borde

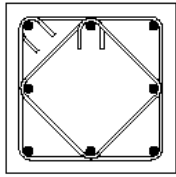


Elementos de borde en un muro.

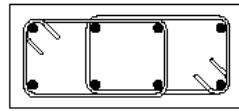


Elementos de borde en un diafragma estructural.

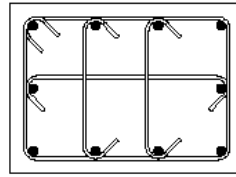
Elementos de confinamiento



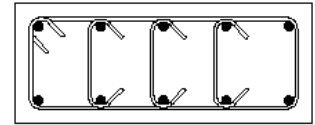
estribos



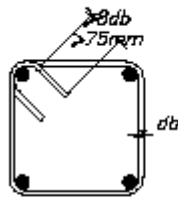
estribos



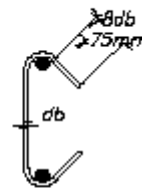
estribo y grapas suplementarias



estribo y grapas suplementarias



estribo con gancho
sísmico



grapa suplementaria
con gancho sísmico

Materiales

Concreto



$$21 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 55 \text{ MPa}$$

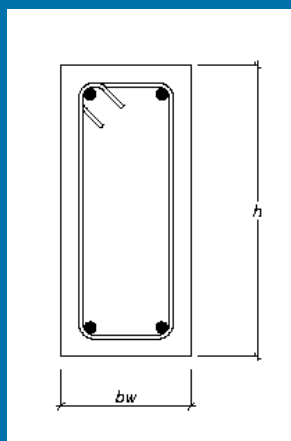
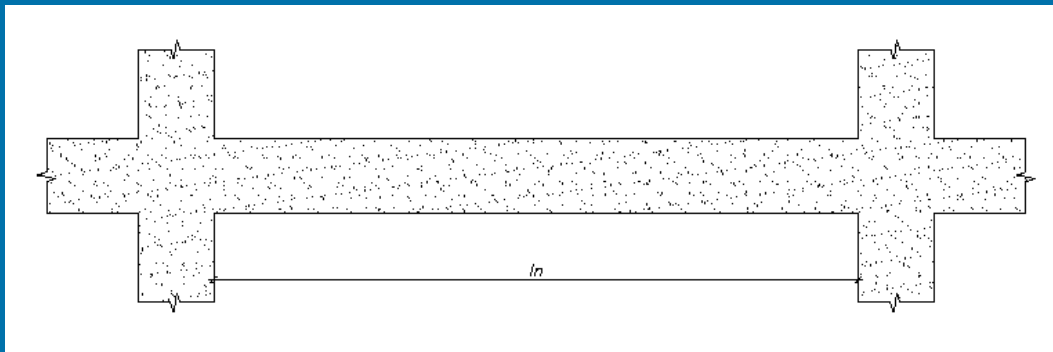
Acero



- barras corrugadas.
- ASTM A-706M.
- ASTM A-615M:
 - grado 280 ó 420
 - $f_{yreal} \leq f_{yesp} + 125 \text{ MPa}$
 - $1,25 \leq f_u / f_{yreal}$

DISEÑO DE VIGAS

Requisitos geométricos en vigas



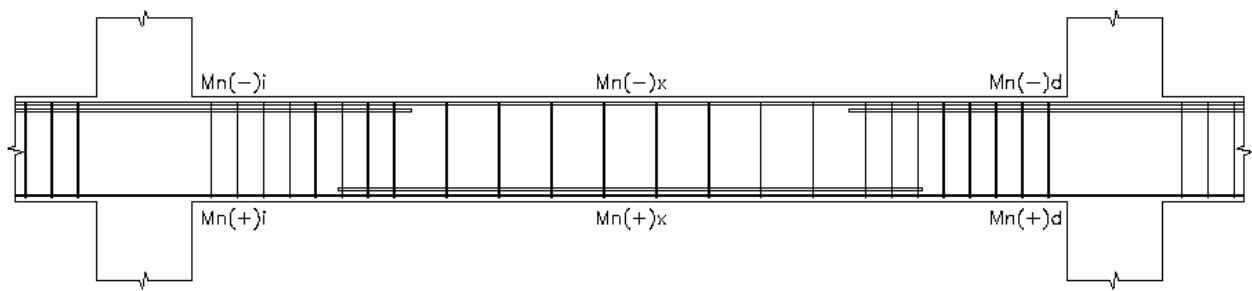
- pórticos y sistema dual tipo II:

$$l_n \geq 4 h$$

$$b_w \geq 0.25 h$$

$$b_w \geq 250 \text{ mm}$$

Refuerzo longitudinal en vigas



- muros estructurales y sistema dual tipo I:

en cada extremo: $Mn(+) \geq Mn(-) / 3$

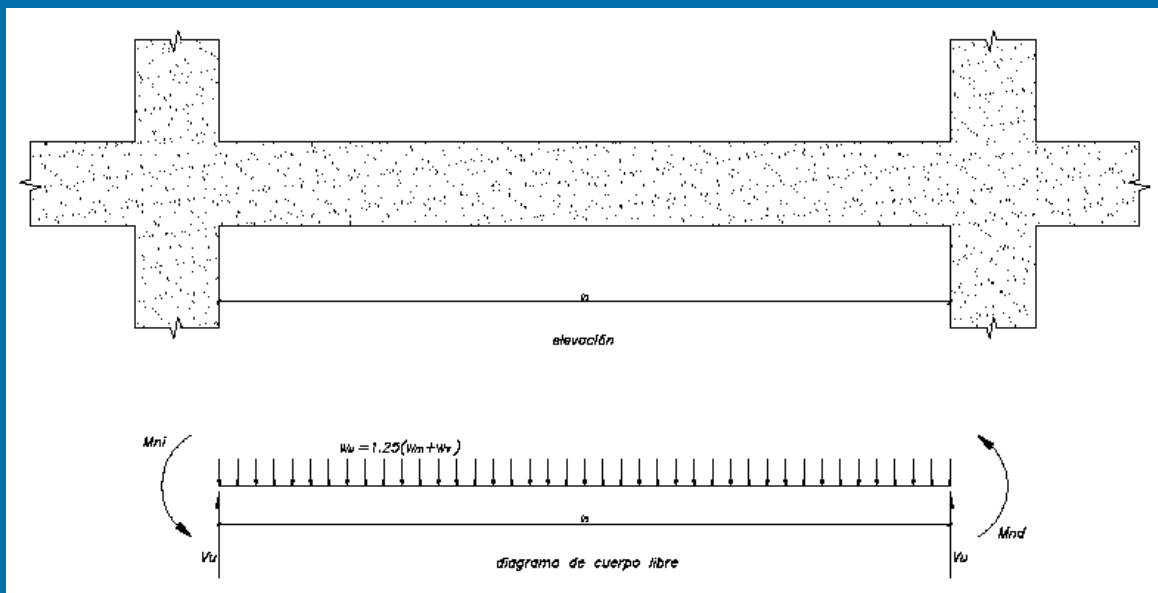
en toda la viga: $Mn(+) \text{ y } Mn(-) \geq Mn_{\text{máx}} / 4$

- pórticos y sistema dual tipo II:

en cada extremo: $Mn(+) \geq Mn(-) / 2$

en toda la viga: $Mn(+) \text{ y } Mn(-) \geq Mn_{\text{máx}} / 4$

Cortante de diseño en vigas

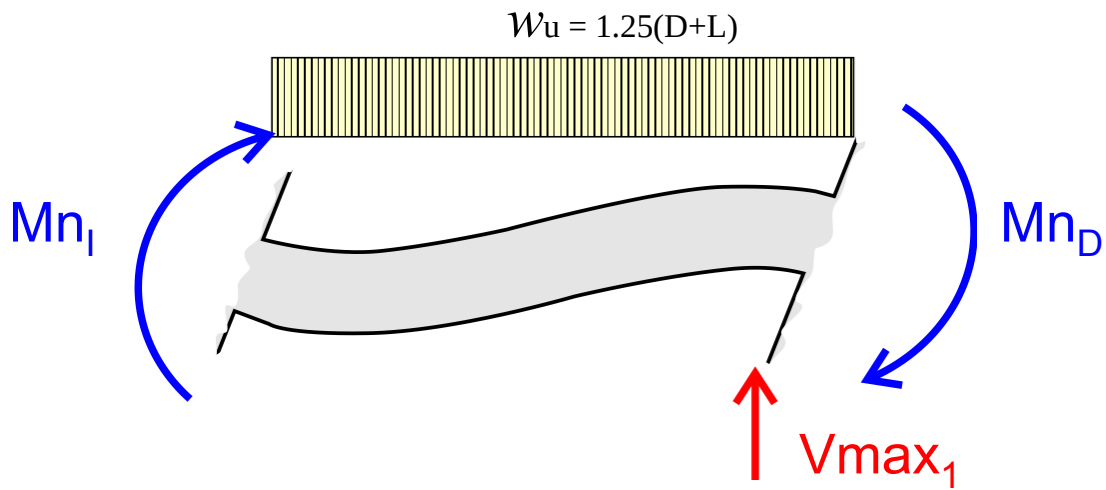


- muros estructurales y sistema dual tipo I:

los momentos nominales se pueden limitar a $Mn \leq 2.5 Msismo$

- pórticos y sistema dual tipo II:

se basa en las resistencias probables en flexión $Mpr = 1.25 Mn$

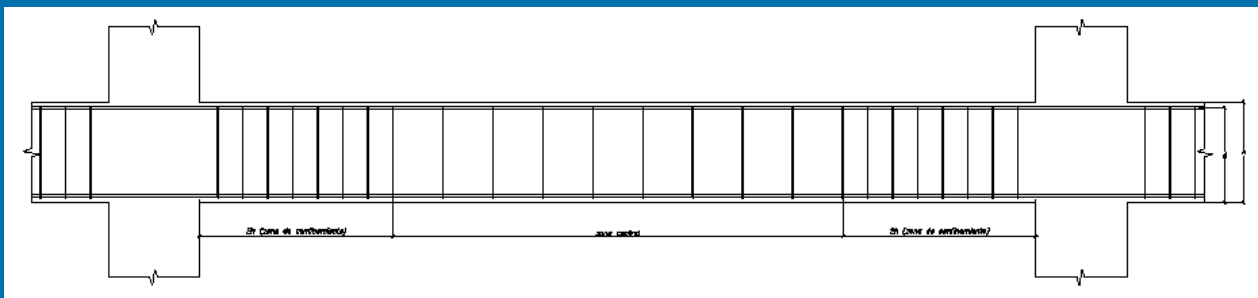


Con el acero de flexión colocado, se determinan los momentos probables como como : $M_p = 1.25 M_n$ a la izquierda y derecha ($M_{n_D}^{(+)}$ y $M_{n_l}^{(-)}$)

Luego:

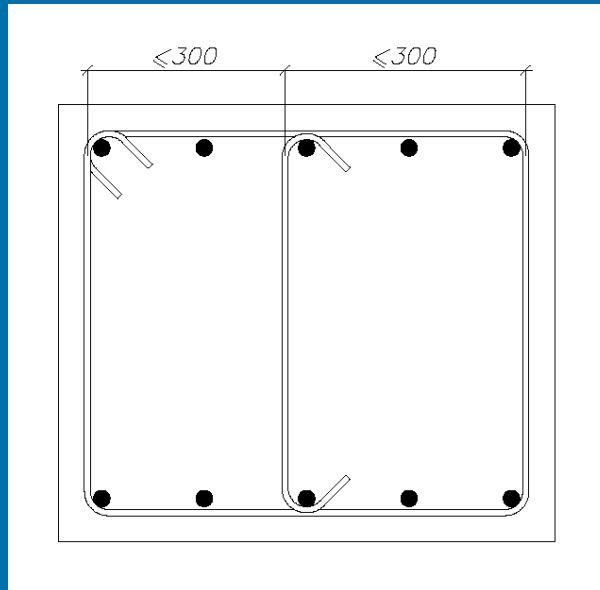
$$V_{\max} = \frac{|M_{n_l}| + |M_{n_D}|}{L} + \frac{\omega u L}{2}$$

Confinamiento en vigas



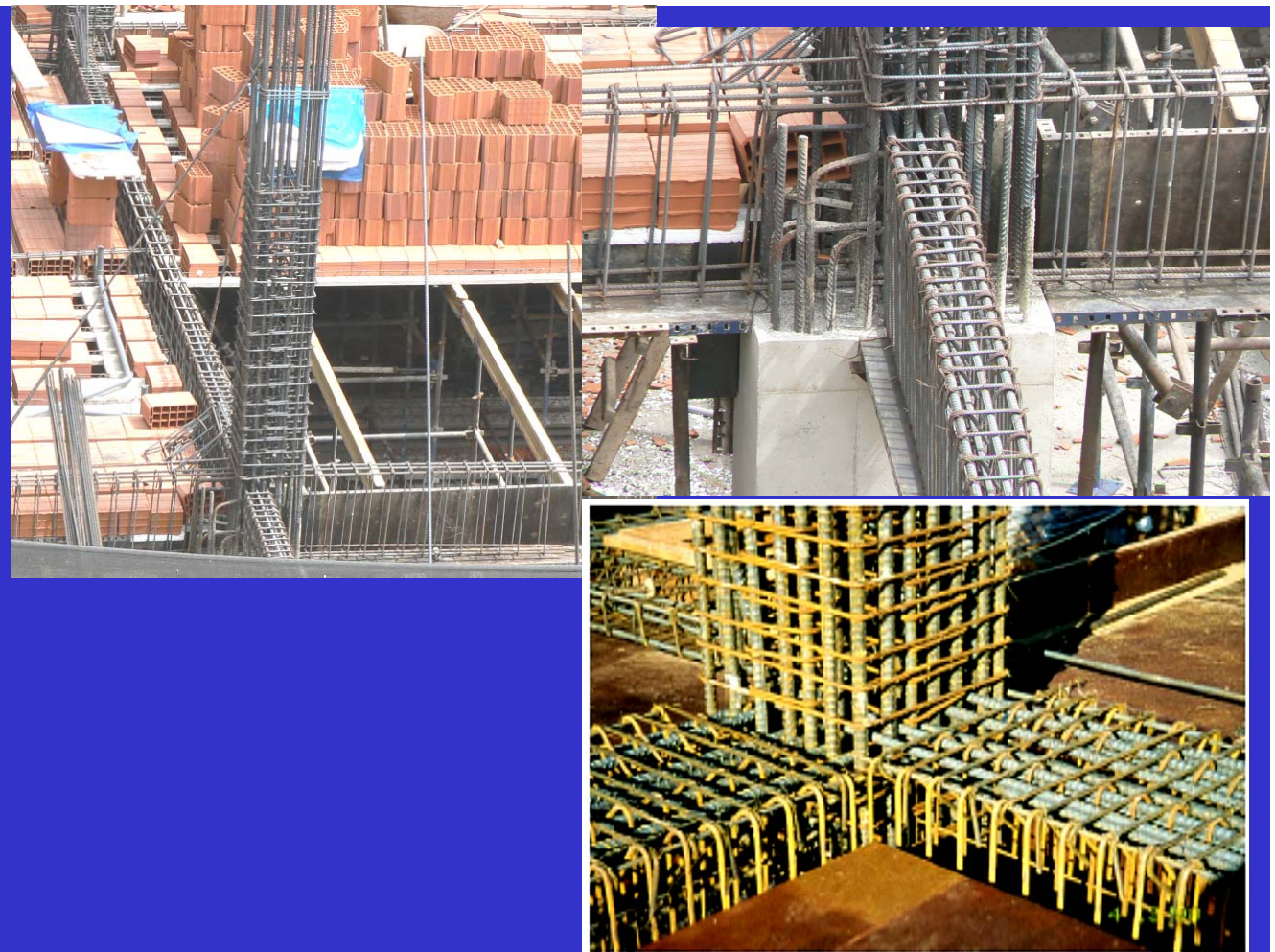
- muros estructurales y sistema dual tipo I:
 - estribos de diámetro mínimo 8 mm (según dbi)
 - primer estribo a 100 mm de la cara
 - hasta 2h: no más de $d/4$, 10dbi, 24dbe, 300 mm
 - en el resto: no más $d/2$
- pórticos y sistema dual tipo II:
 - estribos de diámetro mínimo 3/8"
 - primer estribo a 50 mm de la cara
 - hasta 2h: no más de $d/4$, 8dbi, 24dbe, 300 mm
 - en el resto: no más $d/2$

Confinamiento en vigas



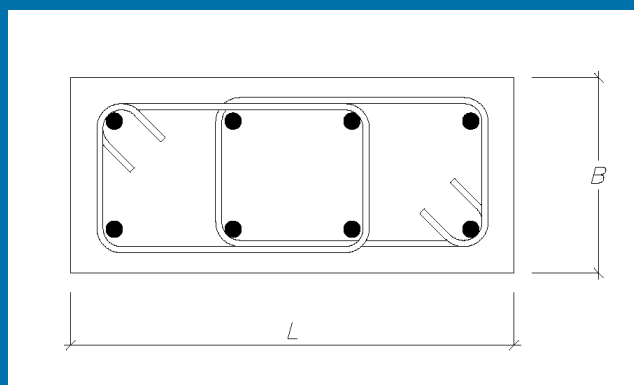
- pórticos y sistema dual tipo II:

en las zonas de confinamiento, la distancia horizontal entre las ramas verticales del refuerzo transversal no deberá exceder de 300 mm.



DISEÑO DE COLUMNAS

Requisitos geométricos en columnas

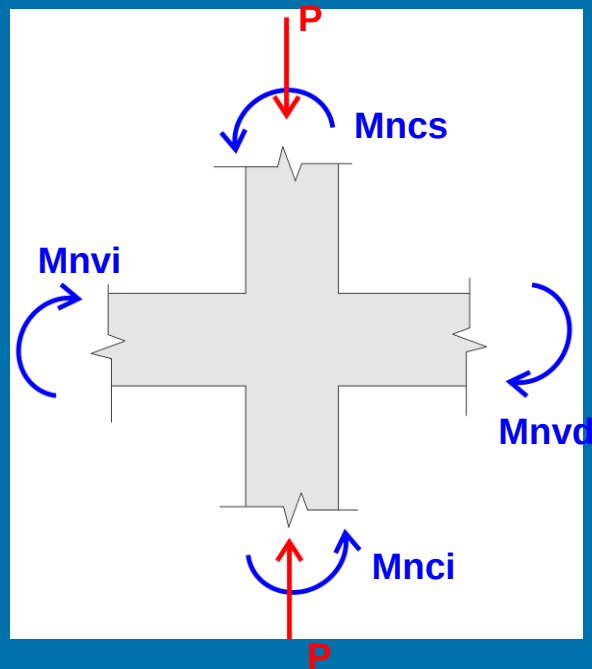


- pórticos y sistema dual tipo II:

$$B \geq 250 \text{ mm}$$

$$B \geq 0.25 L$$

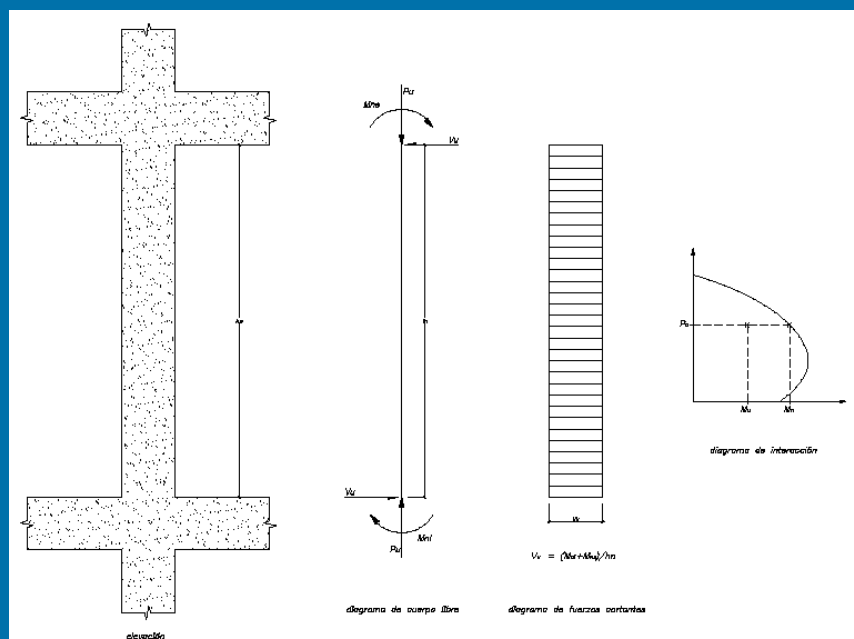
Resistencia mínima a flexión



- pórticos y sistema dual tipo II:

$$M_{nai} + M_{nas} \geq 1.2 (M_{nvi} + M_{nvd})$$

Cortante de diseño en columnas



- muros estructurales y sistema dual tipo I:

los momentos nominales se pueden limitar a $M_n \leq 2.5 M_{sismo}$

- pórticos y sistema dual tipo II:

se basa en las resistencias probables en flexión $M_{pr} = 1.25 M_n$

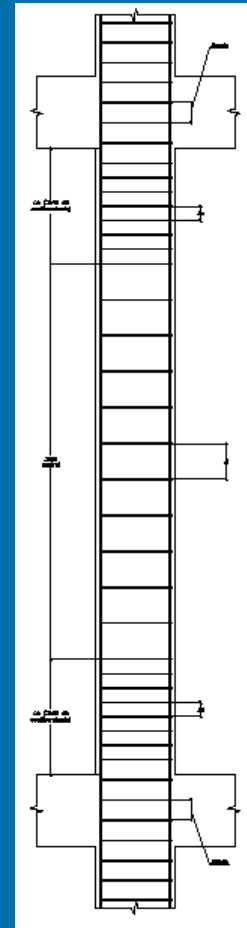
Confinamiento en columnas

- muros estructurales y sistema dual tipo I:

- estribos de diámetro mínimo 8 mm (según dbI)
- $L_o \geq h_n/6$, $B_{\text{máx}}$, 500 mm
- $S_o \leq 8dbI$, $B_{\text{mín}}/2$, 100 mm
- $S \leq 16 dbI$, $48db_e$, $B_{\text{mín}}$, 300 mm
- en los nudos: $S=150$ mm

- pórticos y sistema dual tipo II:

- estribos de diámetro mínimo 3/8"
- $L_o \geq h_n/6$, $B_{\text{máx}}$, 500 mm
- $S_o \leq 6dbI$, $B_{\text{mín}}/3$, 100 mm (*)
- $S \leq 12 dbI$, 250 mm
- en los nudos: $S=S_o$ (si está totalmente confinado por vigas: $S=150$ mm)



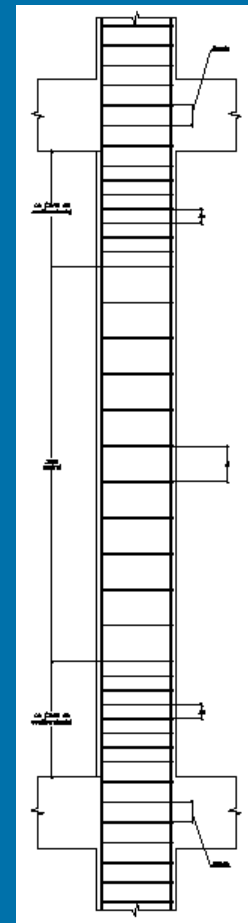
Confinamiento en columnas

- pórticos y sistema dual tipo II:

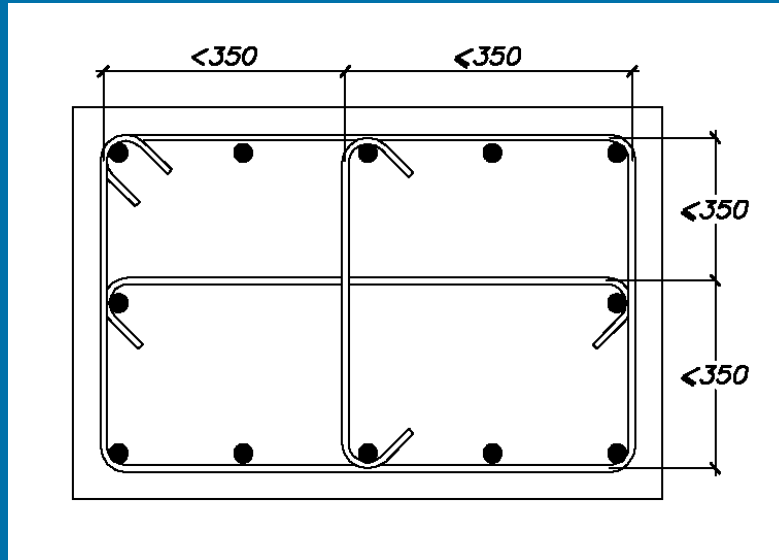
dentro de la longitud "Lo":

$$A_{sh} \geq 0.3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} \geq 0.09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$



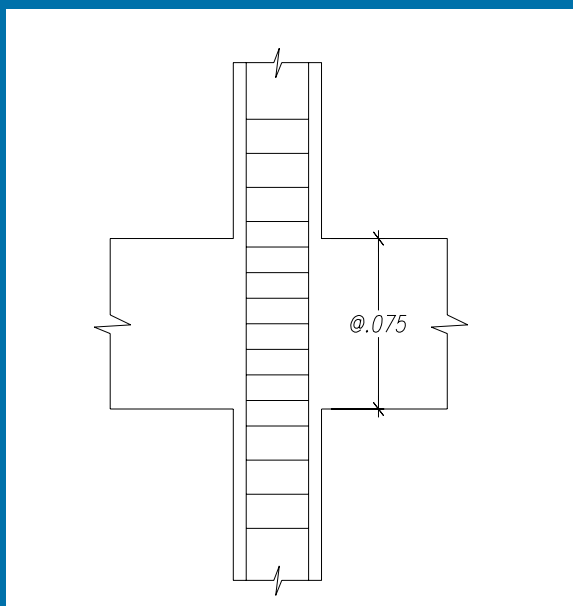
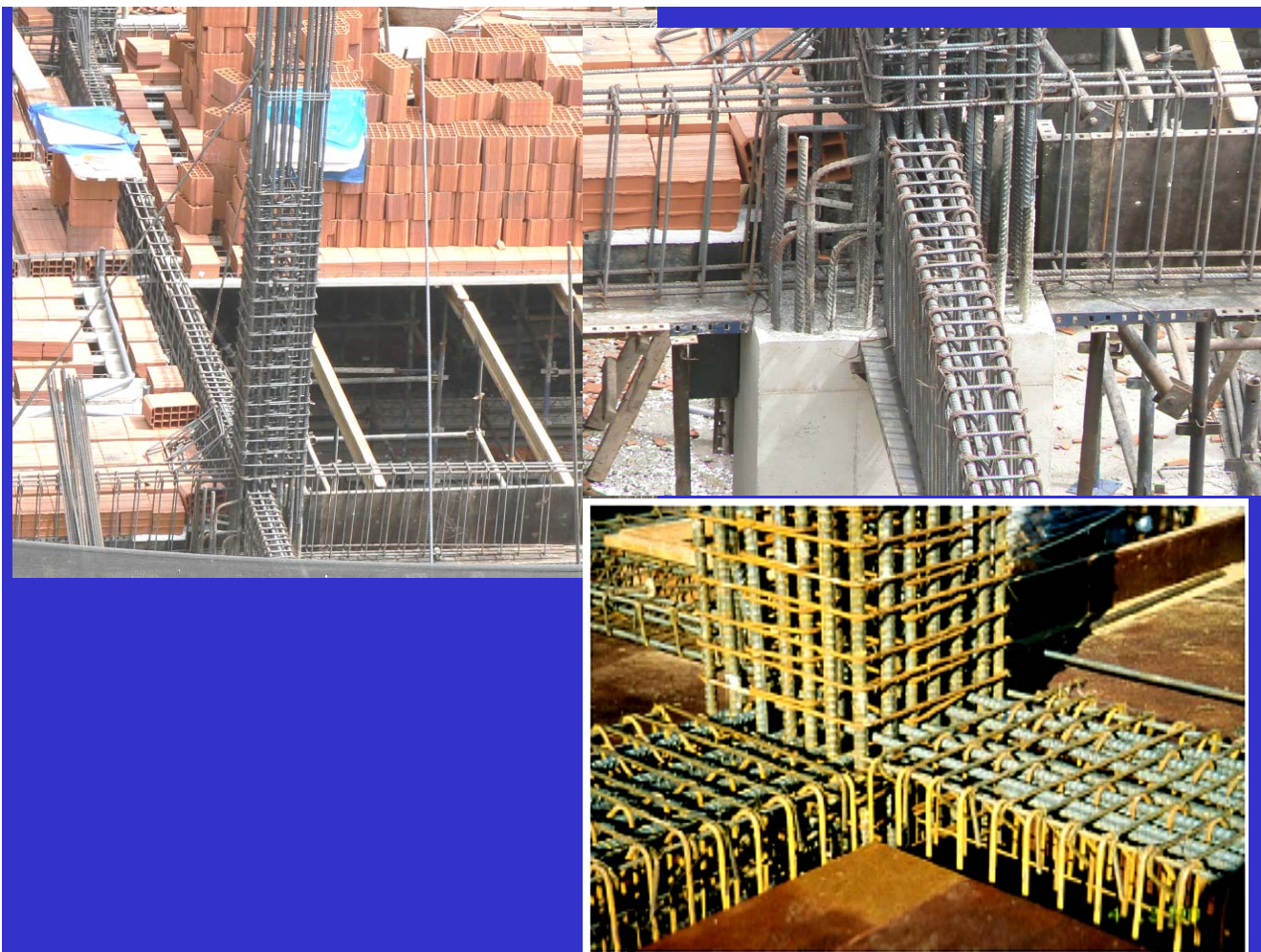
Confinamiento en columnas



- pórticos y sistema dual tipo II:

en las zonas de confinamiento, la distancia horizontal entre las ramas del refuerzo transversal no deberá exceder de 350 mm.





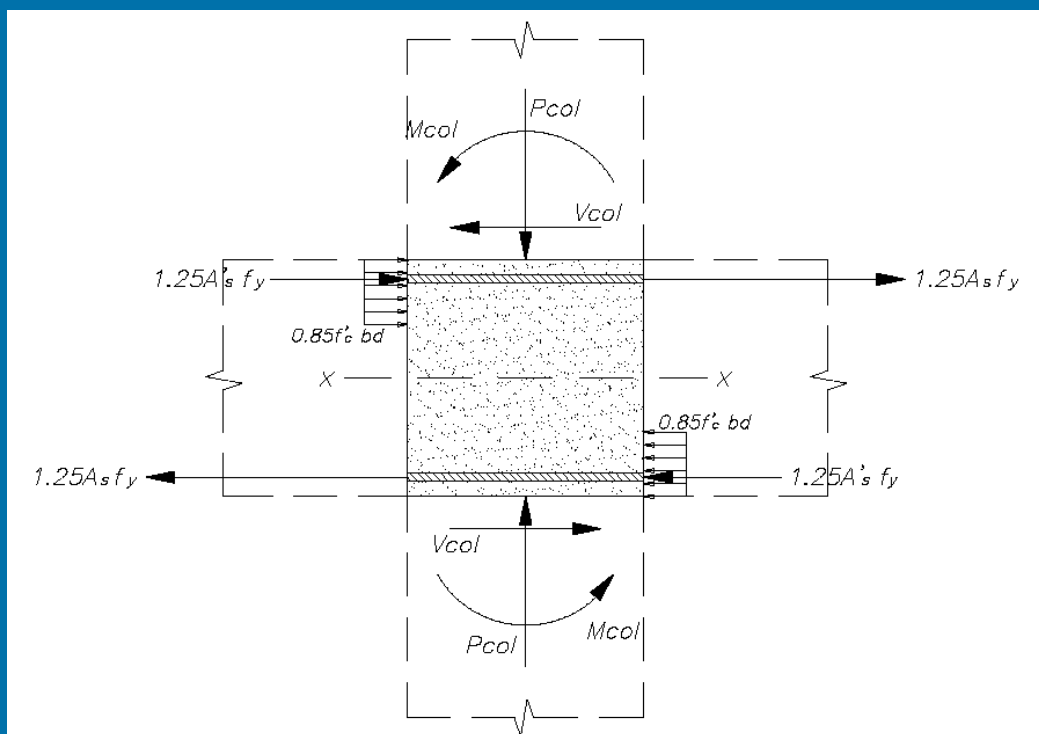
DISEÑO DE NUDOS



Izmit, Turquía 1999

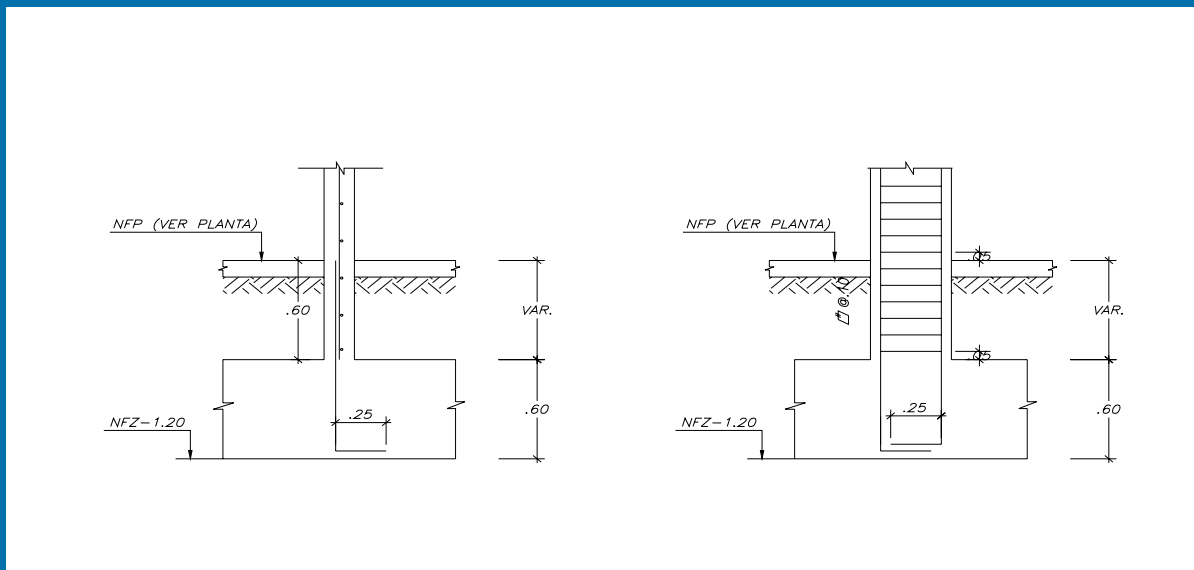


Cortante de diseño en el nudo

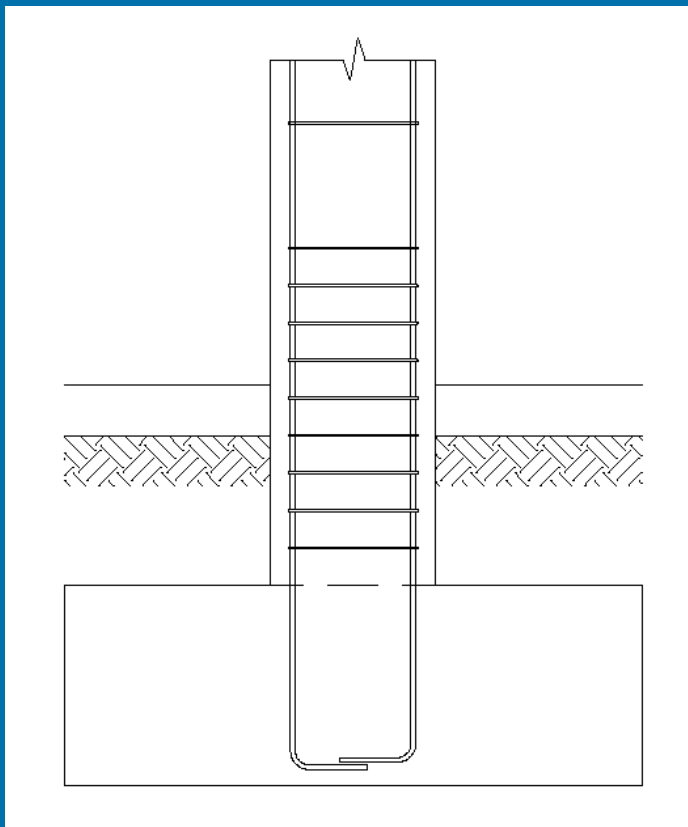


$$V_u = 1.25 f_y (A_s + A'_s) + V_{col}$$

DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

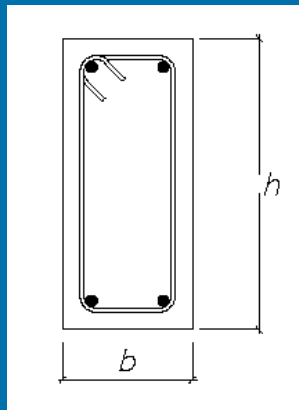
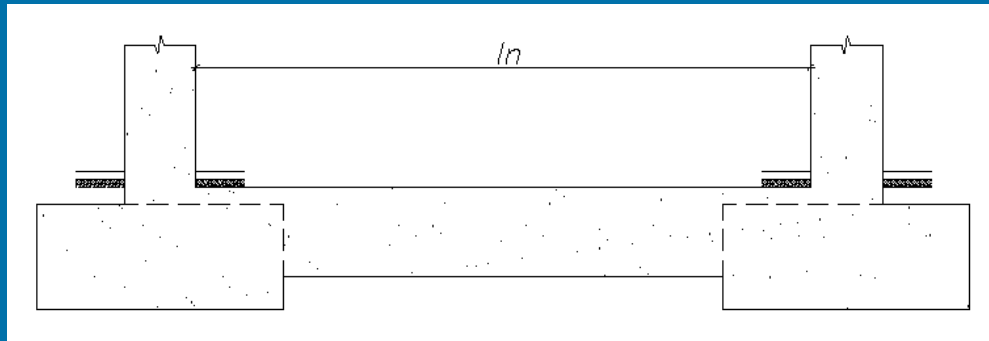


Anclaje de refuerzo en cimientos



- El refuerzo vertical de columnas y muros debe cumplir con la longitud de anclaje a tracción.
- El gancho debe tener el extremo libre orientado hacia el centro de la columna.

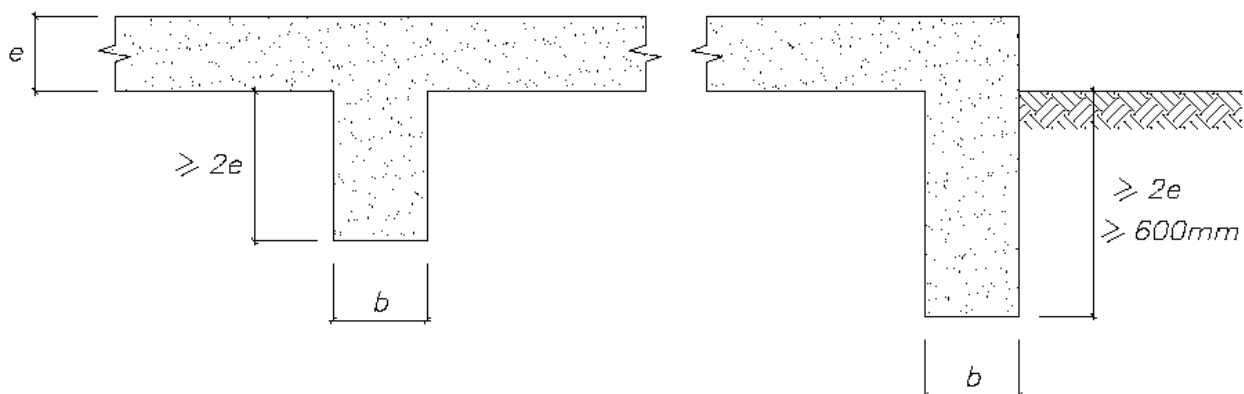
Vigas de cimentación



$b \geq l_n / 20$ (pero no necesita ser mayor a 400 mm)

estribos a todo lo largo:
 $s \leq 300$ mm
 $s \leq 16$ db

Plateas de cimentación



Requisitos de dimensiones de las vigas (“uñas” o “dientes”) interiores y exteriores

Edificio con losas sin vigas



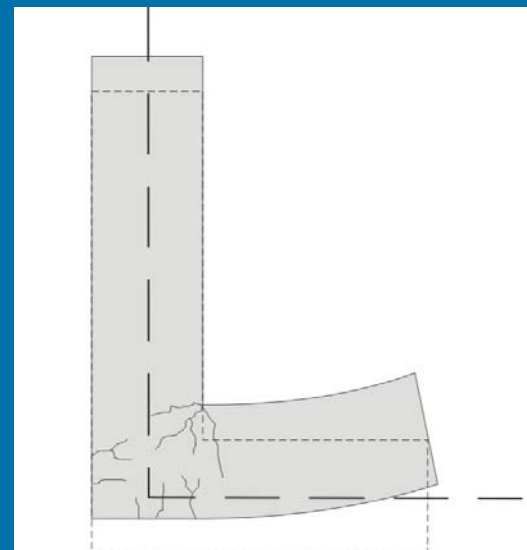
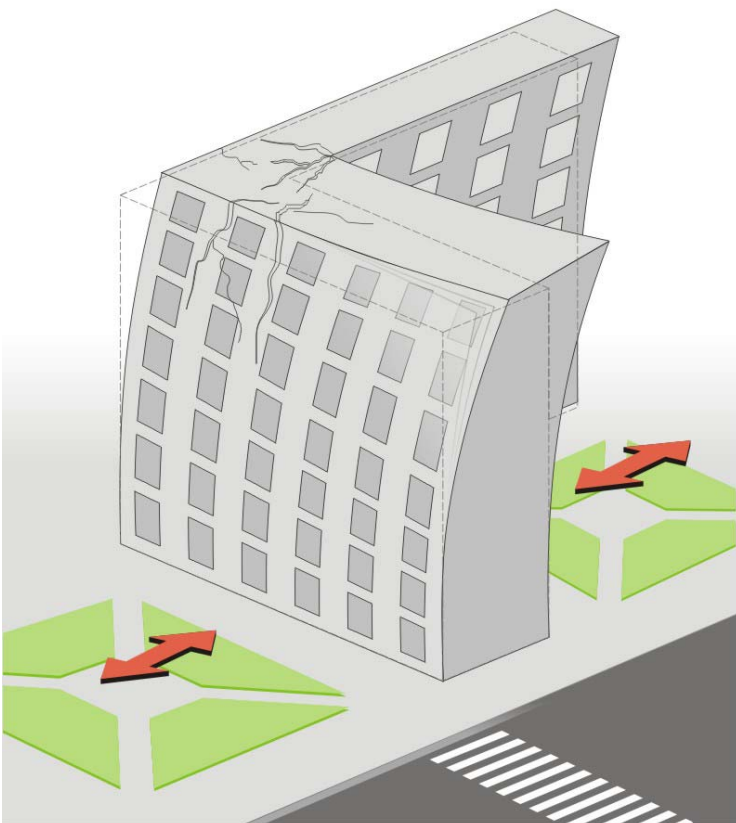
Requisitos para edificios de losas planas sin vigas

- Máximo de 5 pisos, sin exceder de 18 m de altura.
- Muros estructurales capaces de tomar el 80% del cortante sísmico.
- Vigas peraltadas de borde en todo el perímetro.
- La deriva máxima de entrepiso no debe exceder de 0,005.
- Para el análisis sísmico se considerará como viga una franja de losa en cada eje de columnas.
- Cuando se tengan losas nervadas:
 - Se tendrán zonas macizas alrededor de las columnas y muros.
 - Se tendrá una losa superior de 50 mm de espesor.

Diafragmas



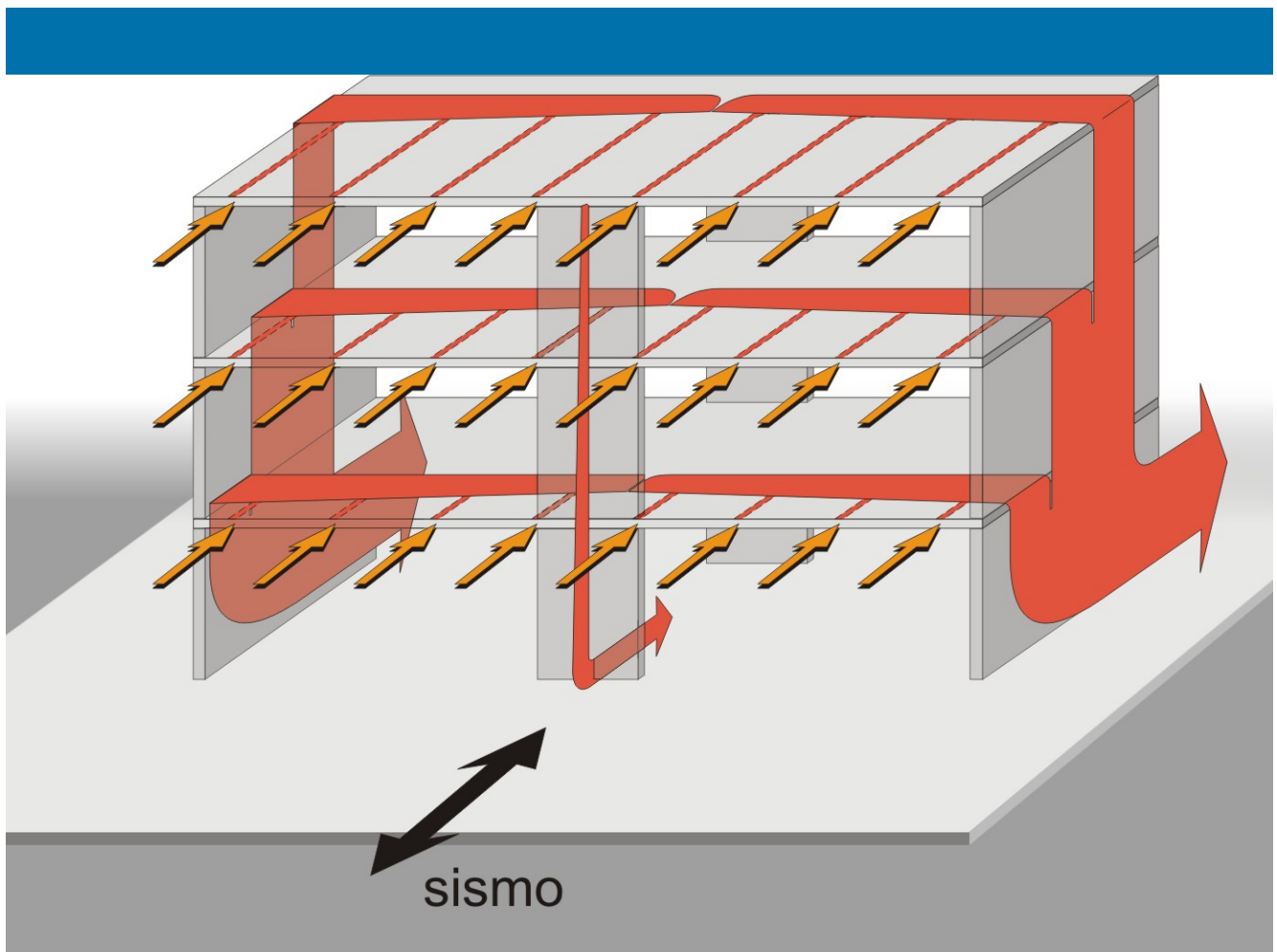
- *Requisitos generales*
- *Fuerzas de diseño*
- *Resistencia*

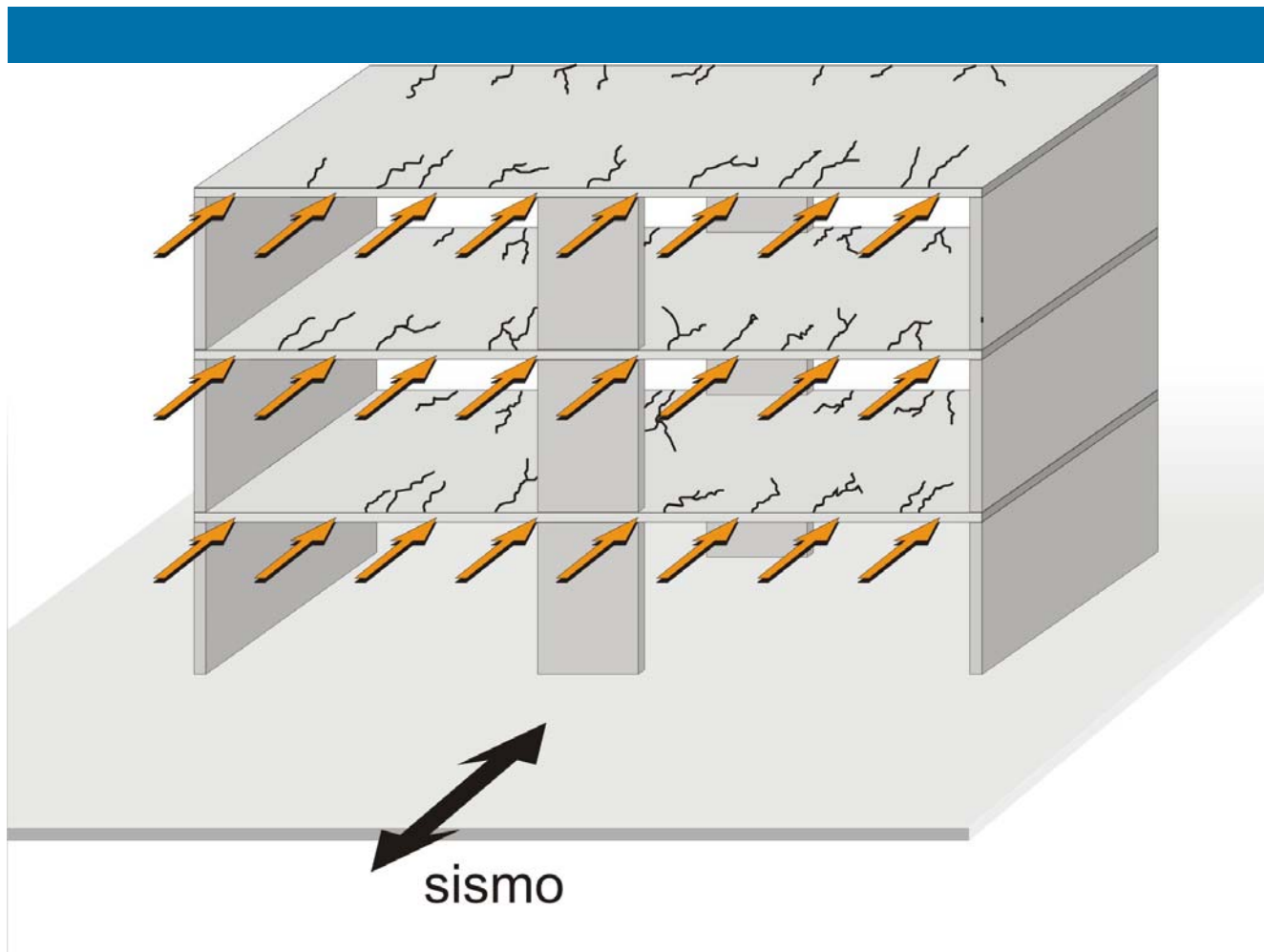


“aleteo”



México, 1985. Central de telecomunicaciones

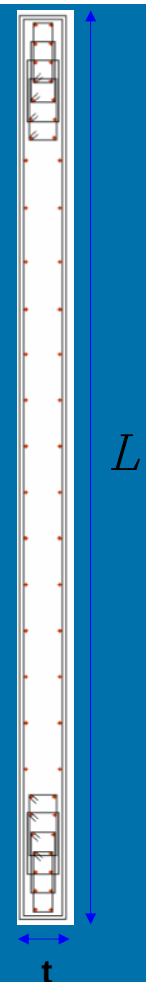
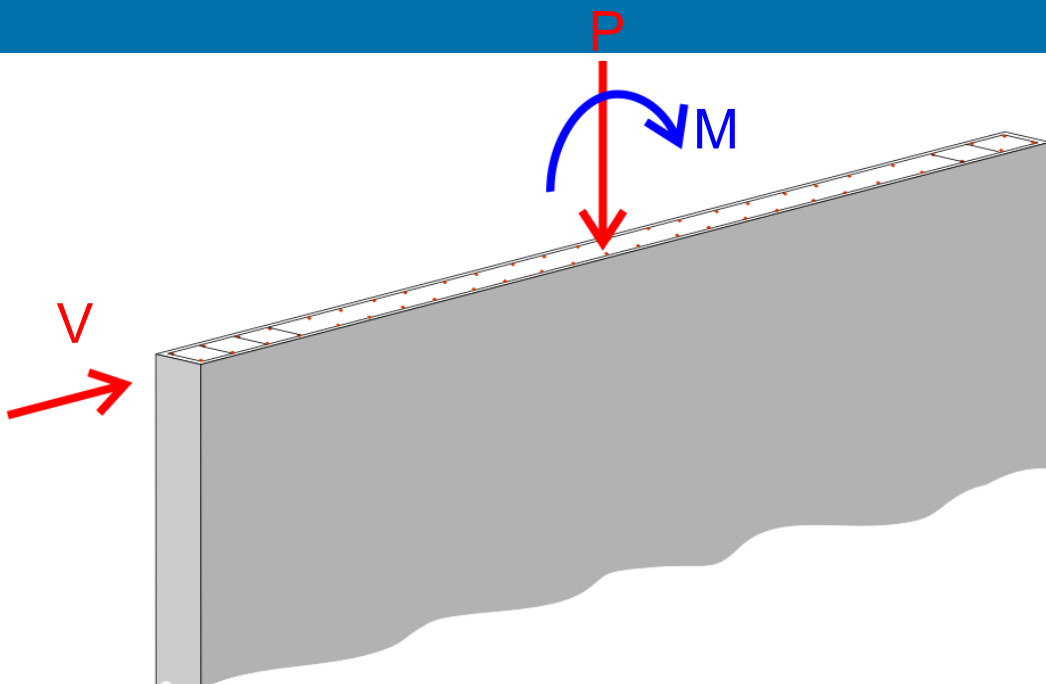




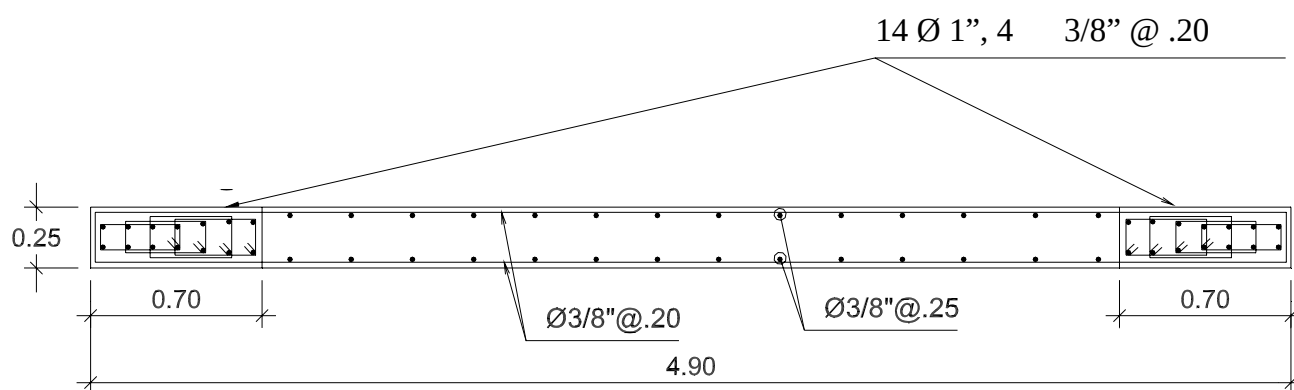
Muros



- *Diseño por flexo compresión*
- *Diseño por cortante*



Acciones sobre muros de corte

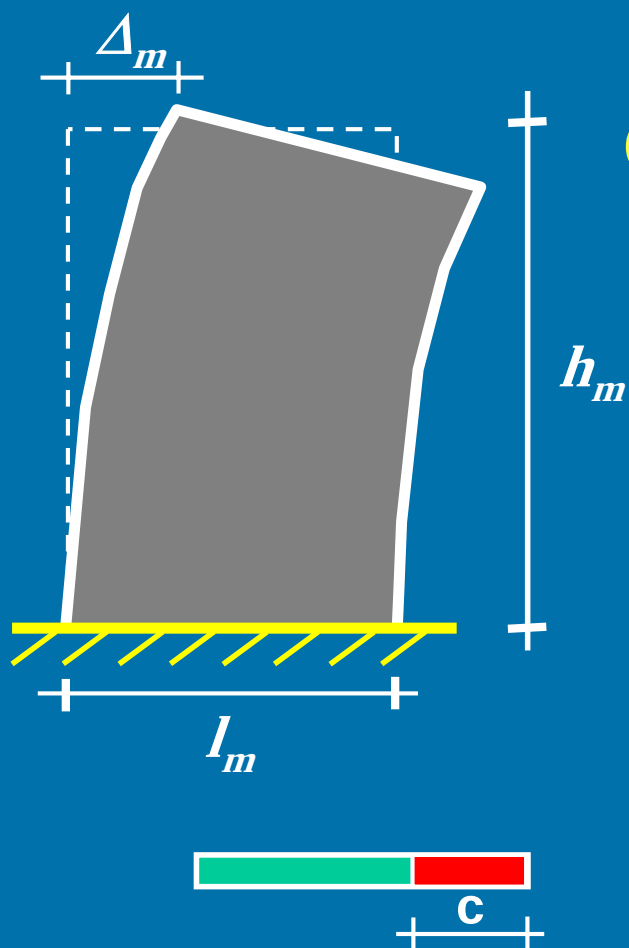


Núcleos confinados en los extremos y acero distribuido

confinamiento en núcleos según deriva del edificio



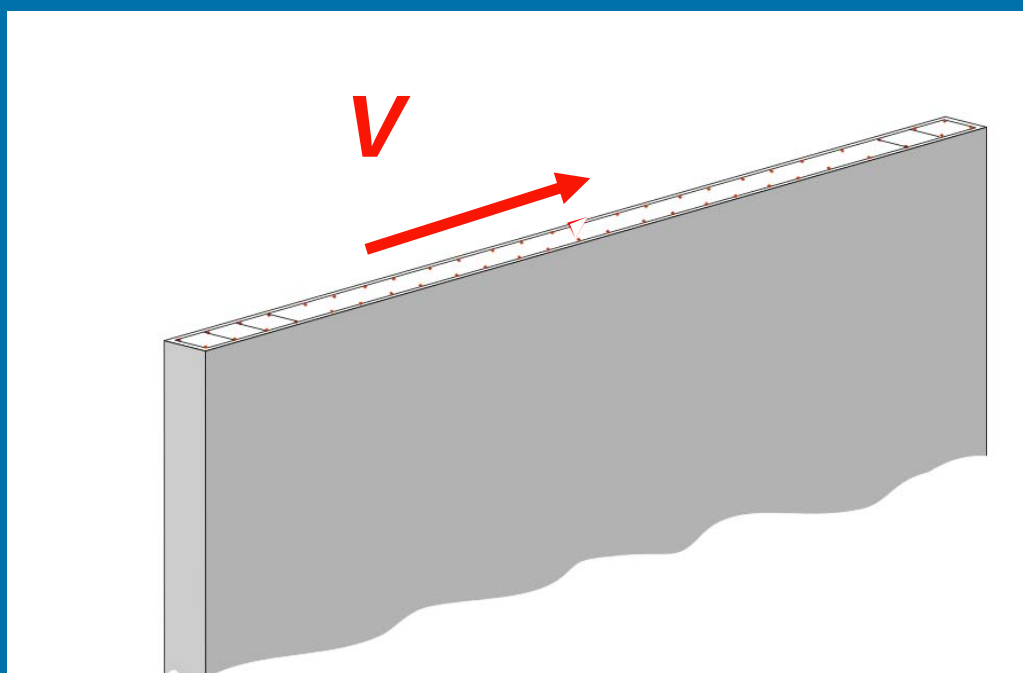
Falla en base de muro



**Confinamiento
cuando :**

$$c > \frac{l_m}{600 \times \left(\frac{\Delta_m}{h_m} \right)}$$

$$c > \frac{l_m}{3}$$



*Aporte del concreto en función de la
esbeltez del muro*

Resistencia al Corte de los Muros

$$Vu \geq Vu_{act} \left(\frac{Mu_r}{Mu_{act}} \right) \alpha_\gamma$$

$$\phi Vn = \phi V_c + \phi V_s = \phi \left(A_c \alpha \sqrt{f'c} \right) + \phi \left(A_s \rho_h f_y \right)$$

$$\text{si } \left(\frac{h_m}{l_m} \right) \leq 1,5 \quad \alpha = 0,8$$

$$\text{si } \left(\frac{h_m}{l_m} \right) \geq 2,5 \quad \alpha = 0,53$$

$$\text{si } 1,5 < \left(\frac{h_m}{l_m} \right) < 2,5 \quad \alpha \text{ se obtiene interpolando entre } 0,8 \text{ y } 0,53$$

$$Vn \text{ máximo} = 2,7 \sqrt{f'c} A_c$$



**Cortante
fricción**

$$\phi Vn = \phi \mu (N_u + A_v f_y)$$



Pontificia Universidad Católica del Perú
Departamento de Ingeniería
Sección Ingeniería Civil

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCION

Ing. Gianfranco Ottazzi Pasino