

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I

REGIONES "D"

VIGAS DE GRAN ALTURA

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 1

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Vigas de Gran Altura – Región "D" generalizada

CIRSOC 201-2005

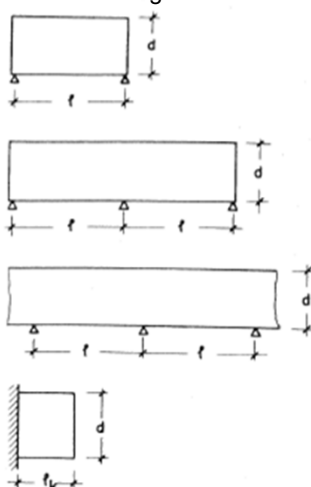
Vigas de gran altura (Art.11.8)

- Elementos que presenten luces libres, l_n , (medida entre bordes de apoyo), iguales o menores que 4 veces la altura total del elemento h

$$l_n \leq 4 h$$

- las zonas de las vigas cargadas con cargas concentradas, ubicadas a una distancia a , desde el apoyo, igual o menor que 2 veces la altura h del elemento ($a \leq 2h$), que están cargadas en una cara y apoyadas en la cara contraria, de manera tal que se puedan desarrollar bielas de compresión entre las cargas y los apoyos.
- Ménsulas cortas: $a/h \leq 2$. Pero para $a/h \leq 1$ especifica requerimientos especiales.

Reglamento DIN 1045



$\frac{l}{d} < 2,0$

$\frac{l}{d} < \sim 2,5$

$\frac{l}{d} < \sim 3$

$\frac{l_k}{d} \leq 1$

Leonhardt,
"Estructuras de Hormigón Armado",
Tomo II, Ed. El Ateneo, 1985

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 2

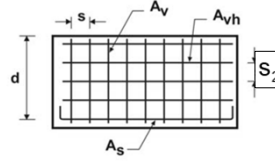


Vigas de Gran Altura – Armadura para control de fisuración

Requerimiento de armadura s/CIRSOC

11.8. En vigas de gran altura o en zonas con cargas cercanas al apoyo ($a \leq 2h$), debe disponerse una **Armadura Vertical** y una **Armadura Horizontal**.

$$\left\{ \begin{aligned} A_v &\geq \frac{2.50}{1000} b_w s ; s \leq \begin{cases} d/5 \\ 30cm \end{cases} \\ A_{vh} &\geq \frac{1.50}{1000} b_w s_2 ; s_2 \leq \begin{cases} d/5 \\ 30cm \end{cases} \end{aligned} \right.$$



El objeto de estas cuantías de armadura es limitar el ancho de las fisuras

A3.3. Si se toma $\beta_s=0,75$, debe disponerse una malla de armadura

o

$$\frac{A_v}{b_w s} \text{sen}(\gamma) + \frac{A_{vh}}{b_w s_2} \text{sen}(\theta) \geq \frac{3.00}{1000} ; \text{ si } f'_c \leq 42MPa$$

- Si se toma $\beta_s=1.00$, VALE 11.8
- Para **Ménsulas cortas**, VER ART. 11.9

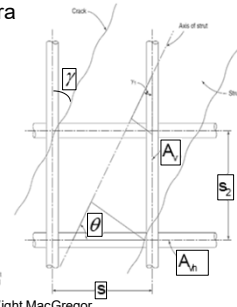
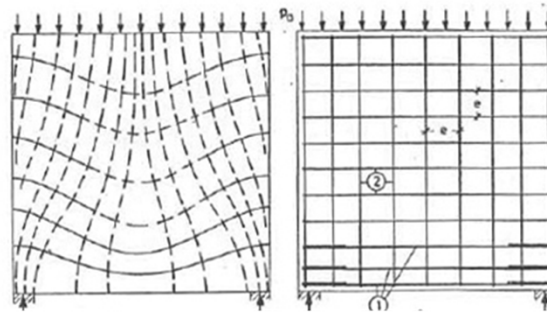


Fig. 11.8 Check control reinforcement spacing when a crack is cracked with
Wight MacGregor
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

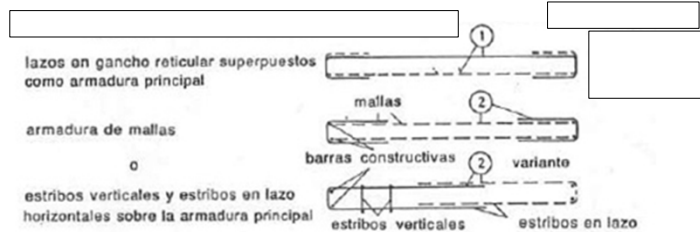


Vigas de Gran Altura – Región "D" generalizada



Separación de armadura $e \leq 2b$
 $e \leq 30cm$

Armadura principal en faja de altura $15cm+0.2h$

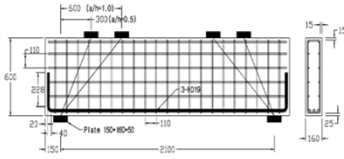


Leonhardt,
"Estructuras de Hormigón Armado", Tomo III, Ed. El Ateneo, 1985

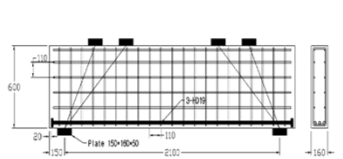
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Vigas de Gran Altura – Comportamiento

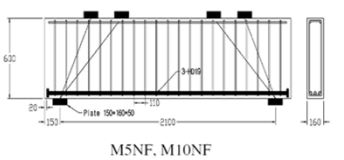
Ensayos en vigas de gran altura
 $l_n=2.10m < 4.h=4.0.60=2.40m$



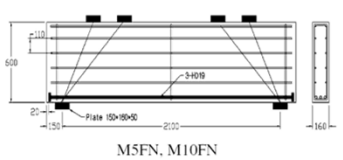
A5FF, A10FF



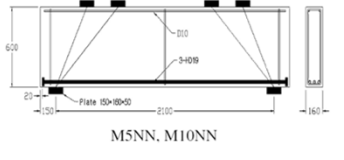
M5FF, M10FF



M5NF, M10NF



M5FN, M10FN



M5NN, M10NN

Dos posiciones de las cargas consideradas:
 $a/h=0.50$ y $a/h=1.00$
(Ojo, no aplican 4 cargas sino sólo 2 cargas, a una distancia 0.50 o 1.00 h)

Anclaje con gancho y anclaje mecánico

Seo, S. Y., Yoon, S. J., & Lee, W. J. (2004, August). Structural Behaviour of R/C Deep Beam with Headed Longitudinal Reinforcements. In 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, BC, Canada.

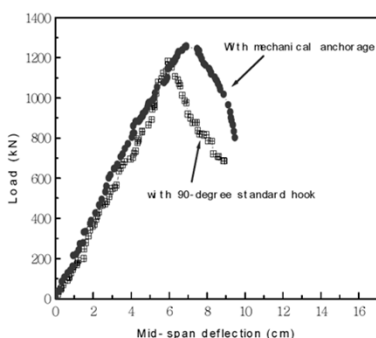
REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 5

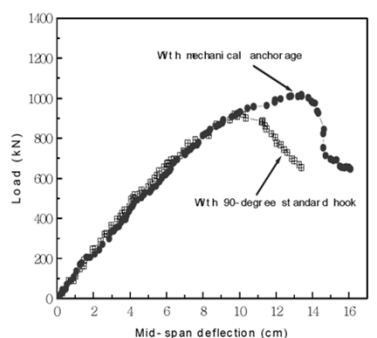
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Vigas de Gran Altura – Comportamiento

Anclaje con gancho vs. anclaje mecánico



(a) Specimen with a/h of 0.5



(b) Specimens with a/h of 1.0

Seo, S. Y., Yoon, S. J., & Lee, W. J. (2004, August). Structural Behaviour of R/C Deep Beam with Headed Longitudinal Reinforcements. In 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, BC, Canada.

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 6

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

Vigas de Gran Altura – Comportamiento

Anclaje con gancho

Fig. 17-15
C-T node anchored by a bent bar.

Wight & MacGregor
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 7

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

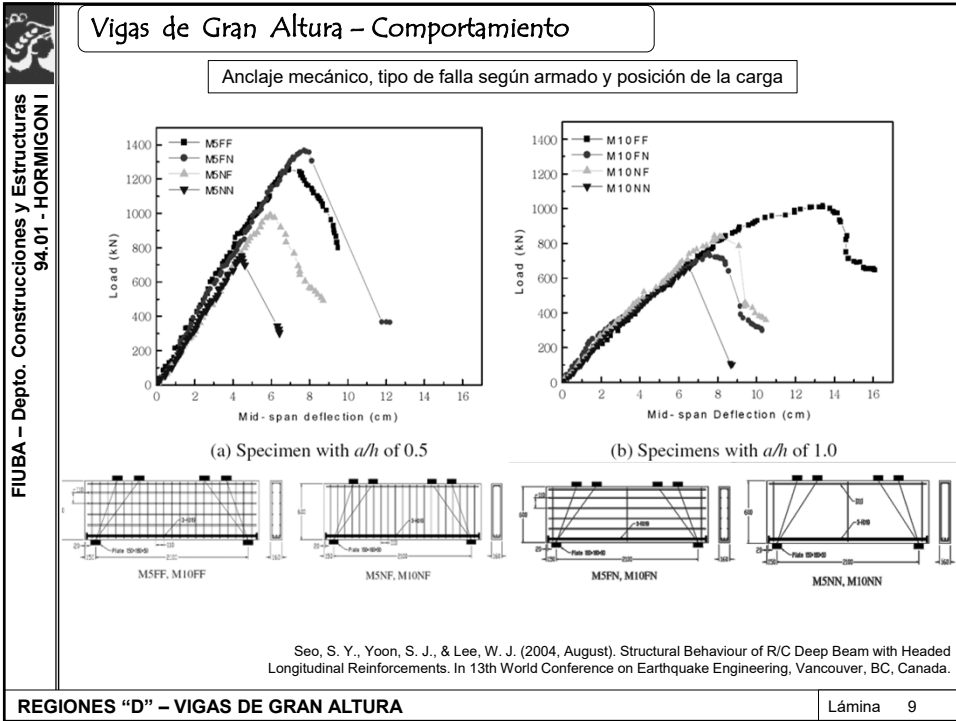
Vigas de Gran Altura – Comportamiento

Anclaje mecánico, tipo de falla según armado y posición de la carga

Seo, S. Y., Yoon, S. J., & Lee, W. J. (2004, August). Structural Behaviour of R/C Deep Beam with Headed Longitudinal Reinforcements. In 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, BC, Canada.

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 8



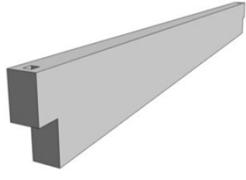


FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

<https://tensar.online/productos/prefabricados/premoldeados/columnas/>

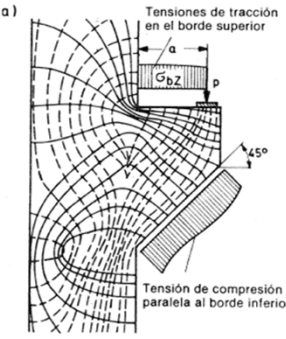
REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 11

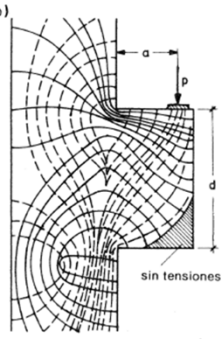
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

a)

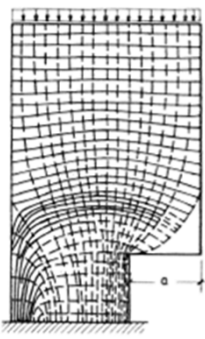


b)



— Trayectorias de tracción
- - - Trayectorias de compresión

Ménsula Corta
 $a / d \leq 1$



Viga Pared en Ménsula
 $a / d < 0.50$

Leonhardt,
 "Estructuras de Hormigón Armado",
 Tomo II, Ed. El Ateneo, 1985

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 12

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

Fallas posibles en ménsulas cortas

Falla por tracción

Falla por compresión

Falla por compresión

Falla por corte rasante

Reginato, L., de Sousa, A. M., Santos, J. V., & El Debs, M. K. (2023). NLFEA of Reinforced Concrete Corbels: Proposed Framework, Sensibility Study, and Precision Level. Buildings, 13(7), 1874.

Falla localizada

Fig. 17-39
Failure of corbels due to poor detailing.

Wight & MacGregor
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 13

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

Observed local cracks

Observed case:

Pad at the edge, curve portion of bar

Main bar

Straight portion of bar

Local crack

Neupane, R. C., Eddy, L., & Nagai, K. (2017). Investigation on strengthening approaches adopted for poorly detailed RC corbels. Fibers, 5(2), 16.

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 14

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

Dimensiones recomendadas

$1 > a/d > 0,5$

ancho b necesario obtenido verificando la diagonal ideal comprimida según [1 b], Sec. 2.7. Para mayor aprovechamiento ver [86].

Fig. 13.1. Dimensiones de las ménsulas.

Leonhardt,
"Estructuras de Hormigón Armado",
Tomo III, Ed. El Ateneo, 1985

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 15

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

Figs 11-23b – Nilson, Darwin, Dolan
"Design of Concrete Structures"

Figura 11.9.2. Simbología utilizada en el artículo 11.9.
CIRSOC 201 - 2005

ATENCIÓN:
Art. 11.9 CIRSOC 201-2005: Disposiciones especiales para Ménsulas Cortas
Si bien define ménsula corta a una ménsula que cumple $a_v/h \leq 2$
Indica disposiciones especiales para el caso en que se cumplan 2 condiciones:
1) $a_v/h \leq 1$
2) Que exista una fuerza horizontal de tracción $N_{uc} \leq V_u$
Ver en dicho Reglamento las especificaciones particulares.

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 16

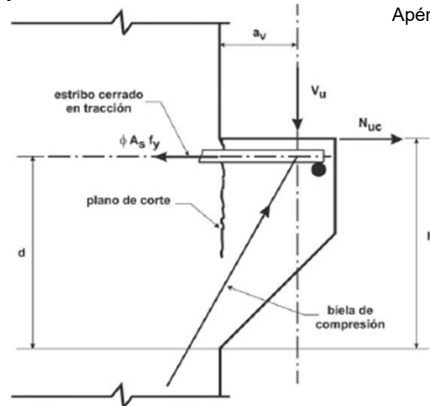


Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

Diseño y dimensionamiento de Ménsulas Cortas – CIRSOC 201

11.9. DISPOSICIONES ESPECIALES PARA MÉNSULAS CORTAS

11.9.1. Las **ménsulas cortas**, con una **relación entre la luz de corte a_v** y la **altura d del elemento**, (medida como se indica en la figura 11.9.1 menor que 2, o sea $a_v/d < 2$ se pueden diseñar con las especificaciones del Apéndice A.



Apéndice A: Método de bielas y tirantes

Figura 11.9.1. Comportamiento estructural de una ménsula corta.

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 17



Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

Diseño y dimensionamiento de Ménsulas Cortas – CIRSOC 201

Para el caso de las **ménsulas cortas** que presenten las **características** que se describen a continuación:

- una relación $\frac{a_v}{d} \leq 1$; y
- que estén sujetas a una fuerza de tracción horizontal $N_{uc} \leq V_u$

se deben utilizar las especificaciones dadas en los artículos 11.9.3. y 11.9.4.

Las prescripciones de los artículos 11.9.2., 11.9.3.2.1., 11.9.3.2.2., 11.9.5., 11.9.6. y 11.9.7. se deben aplicar al diseño de ménsulas cortas. La distancia d se debe medir en la cara del apoyo.

11.9.2. La **altura en el borde exterior del área de apoyo** debe ser igual o mayor que $1/2 d$.

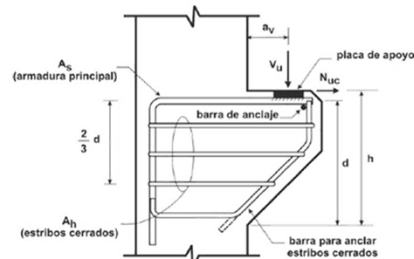


Figura 11.9.2. Simbología utilizada en el artículo 11.9.

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 18

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

Diseño y dimensionamiento de Ménsulas Cortas – CIRSOC 201

11.9.3. La **sección en la cara del apoyo** se debe diseñar para resistir en forma simultánea, un **esfuerzo de corte** V_u , un **momento** $[V_u \cdot a_v + N_{uc} (h - d)]$, y un **esfuerzo de tracción horizontal** N_{uc} .

11.9.3.1. En todas las determinaciones que se realicen para el diseño, de acuerdo con el artículo 11.9., el **factor de reducción de resistencia** ϕ se debe adoptar igual a 0,75, ($\phi = 0,75$).

11.9.3.2. El **diseño de la armadura de corte por fricción** A_{vf} , para resistir un **esfuerzo de corte** V_u , debe cumplir con las especificaciones del artículo 11.7.

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA Lámina 19

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

Diseño y dimensionamiento de Ménsulas Cortas – CIRSOC 201

11.7. CORTE POR FRICCIÓN

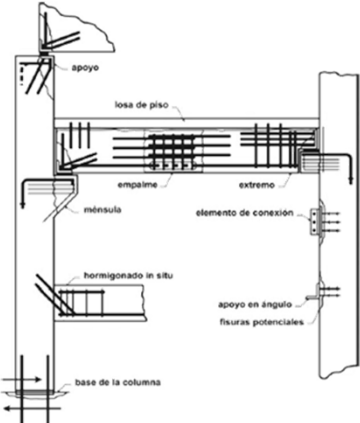


Figura 11.7.1. Aplicaciones del concepto de corte por fricción.

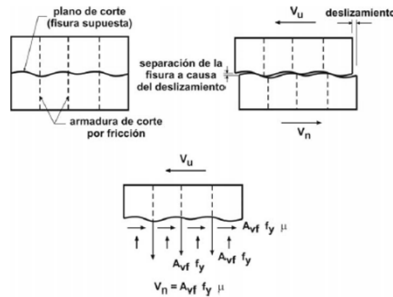


Figura 11.7.3. Idealización del concepto de corte por fricción.

Ver Clase de Corte: Casos Especiales

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA Lámina 20

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I	Vigas de Gran Altura – Ménsula corta
	Diseño y dimensionamiento de Ménsulas Cortas – CIRSOC 201
	11.9.3.2.1. Para los <i>hormigones de densidad normal</i> , la <i>resistencia al corte</i> , V_n , en N, debe ser :
	$V_n \leq \begin{cases} 0,2 f'_c b_w d \\ 5,5 b_w d \end{cases}$
	11.9.3.2.2. Para los hormigones livianos, la resistencia al corte V_n , en N, debe ser:
$V_n \leq \begin{cases} \left(0,2 - 0,07 \frac{a_v}{d}\right) f'_c b_w d \\ \left(5,5 - 1,9 \frac{a_v}{d}\right) f'_c b_w d \end{cases}$	
11.9.3.3. La <i>armadura A_f</i> , para resistir el momento $[V_u a_v + N_{uc} (h - d)]$ se debe determinar de acuerdo con los artículos 10.2. y 10.3.	
11.9.3.4. La <i>armadura A_n</i> para resistir el esfuerzo de tracción N_{uc} , se debe determinar por medio de la expresión $N_{uc} \leq \phi A_n f_y$, en la cual el valor de N_{uc} se debe adoptar igual o mayor que $0,2 V_u$, ($N_{uc} \geq 0,2 V_u$), a menos que se adopten disposiciones especiales para los esfuerzos de tracción.	
El <i>esfuerzo de tracción N_{uc}</i> se debe considerar como una <i>sobrecarga</i> , aún cuando se origine por fluencia lenta, contracción o variaciones de temperatura.	
REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA	Lámina 21

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I	Vigas de Gran Altura – Ménsula corta
	Diseño y dimensionamiento de Ménsulas Cortas – CIRSOC 201
	11.9.3.5. El <i>área de la armadura principal de tracción</i> , A_{sc} , debe ser igual al mayor valor obtenido de las siguientes expresiones:
	$A_{sc} \text{ igual al mayor valor obtenido entre: } \begin{cases} A_f + A_n \\ \frac{2 A_{vf}}{3} + A_n \end{cases}$
	11.9.4. En forma paralela a A_{sc} , <i>se deben colocar estribos cerrados</i> , con un <i>área total $A_n \geq 0,5 (A_{sc} - A_n)$</i> , distribuidos en forma uniforme dentro de los <i>2/3 de d</i> (altura efectiva) adyacente a A_{sc} .
11.9.5. La cuantía $\rho = \frac{A_{sc}}{b d}$ debe ser igual o mayor que <i>0,04 (f'_c / f_y)</i> , o sea:	
$\rho \geq 0,04 \frac{f'_c}{f_y}$	
REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA	Lámina 22

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

Diseño y dimensionamiento de Ménsulas Cortas – CIRSOC 201

11.9.6. En la cara frontal de una ménsula corta, la armadura principal de tracción, A_{sc} , se debe anclar de acuerdo con uno de los siguientes métodos:

- soldadura estructural** a una barra transversal de, como mínimo, el mismo diámetro. La **soldadura se debe diseñar para desarrollar la tensión de fluencia especificada f_y de las barras A_{sc} .**
- el **doblado de las barras principales de la armadura de tracción, A_{sc}** , para formar un bucle horizontal o,
- algún otro medio de anclaje efectivo.**

11.9.7. El **área de apoyo de la carga sobre una ménsula corta**, no se debe prolongar más allá de la zona recta donde se ubican las barras principales de tracción A_{sc} , ni de la cara interior de la barra transversal de anclaje, cuando ésta exista.

Lámina 23

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Vigas de Gran Altura – Ménsula corta

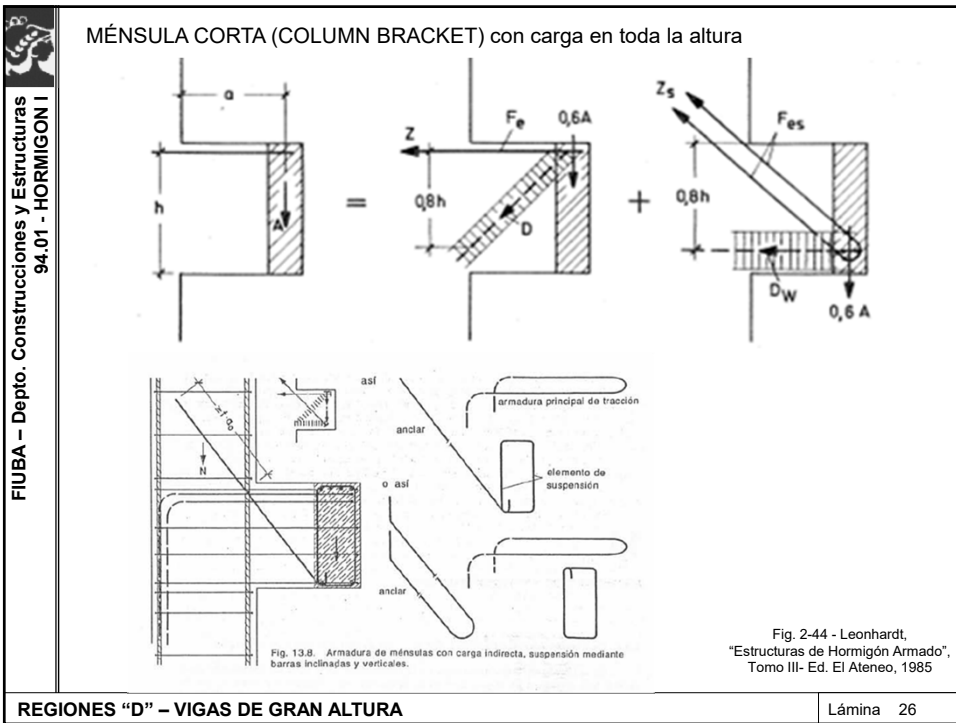
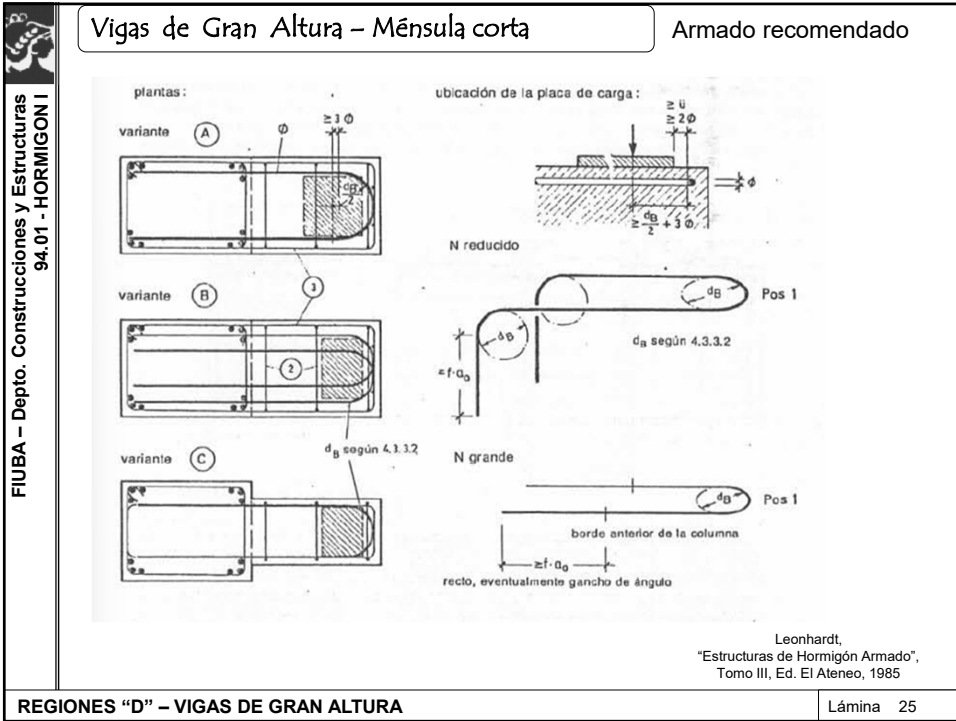
Armado recomendado

cortes:

variante (A) variante (B) variante (C)

Leonhardt,
"Estructuras de Hormigón Armado",
Tomo III, Ed. El Ateneo, 1985

Lámina 24



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Tanque

El tanque puede estar:

- Vacío
- Sólo un compartimento lleno
- Ambos compartimentos llenos

Apuntes Hormigón I 7401, 1985

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA Lámina 27

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Tanque

El tanque puede estar:

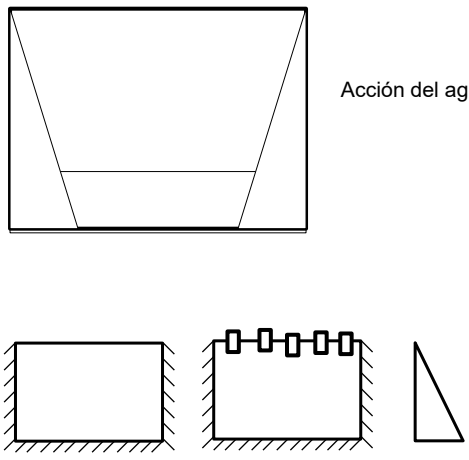
- Vacío
- Sólo un compartimento lleno
- Ambos compartimentos llenos

Apuntes Hormigón I 7401, 1985

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA Lámina 28

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Tanque



Acción del agua

Carga normal a las losas laterales debida al agua (Triangular)

Carga normal a las losas de fondo debida al agua (Uniforme)

Carga normal a las losas laterales debida al agua (Usar Tablas Kalmanok)

Esfuerzos horizontales de tracción en el plano de los laterales, debidos a las reacciones de las paredes adyacentes.

Flexotracción!!

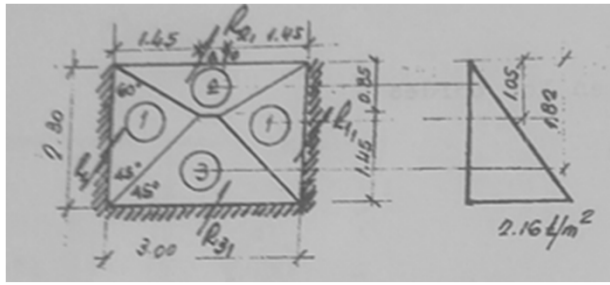
Apuntes Hormigón I 7401, 1985

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 29

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Tanque



Reacciones de los laterales

Apuntes Hormigón I 7401, 1985

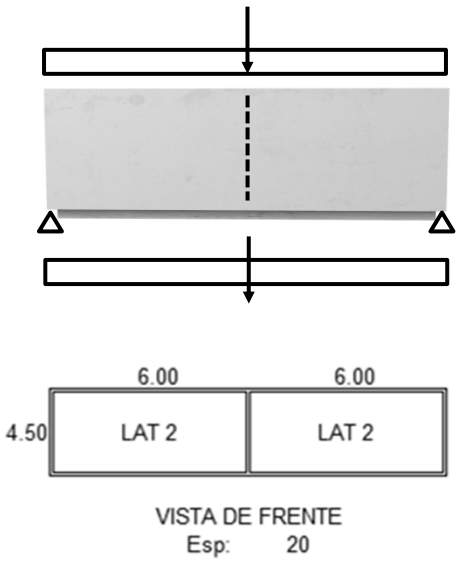
REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA

Lámina 30

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Tanque

Vista de frente



Lateral largo como viga
Carga en el plano de la pared debida a las reacciones:

- Del techo
- Del fonfo
- Del tabique divisorio

Lateral largo como losas:

- Empuje agua
- Tracción debida a reacciones de losas adyacentes

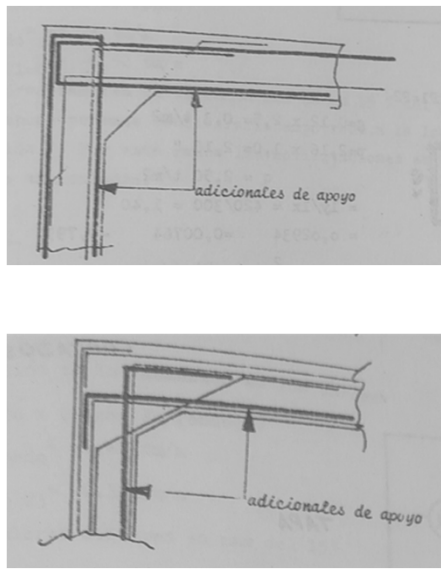
VISTA DE FRENTE
Esp: 20

Apuntes Hormigón I 7401, 1985

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA Lámina 31

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

Tanque



Detalles de encuentros

Apuntes Hormigón I 7401, 1985

REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA Lámina 32

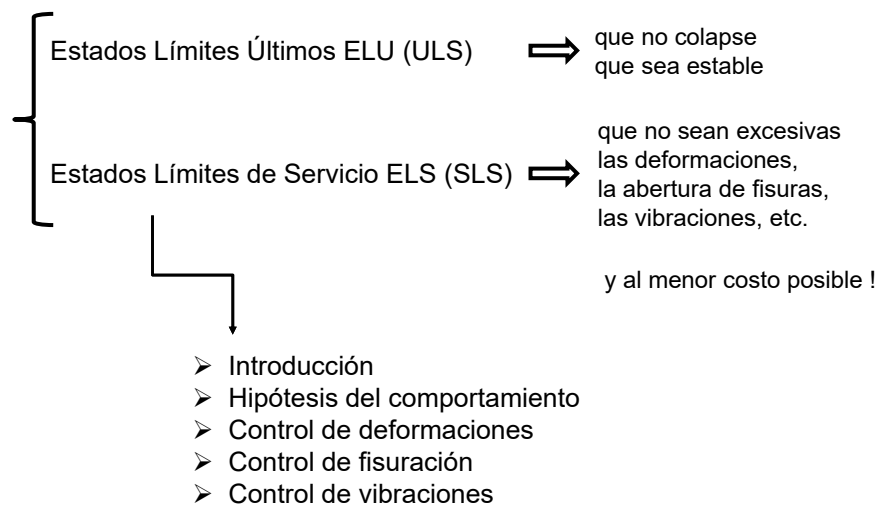
 <p>FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 94.01 - HORMIGON I</p>	<p>FIN VIGAS DE GRAN ALTURA GRACIAS POR SU ATENCIÓN!!!</p>
<p>REGIONES "D" – VIGAS DE GRAN ALTURA</p>	<p>Lámina 33</p>



ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO



Diseño estructural basado en Estados Límites



Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (94.01) HORMIGÓN I

Estados Límites de Servicio – ELS (SLS)

Verificar los ELS implica
Asegurar una prestación adecuada de la estructura
para las solicitaciones y condiciones de servicio, de acuerdo al uso
especificado.

ASEGURAR LA FUNCIONALIDAD

Verificación explícita de ELS
o
Control indirecto de ELS

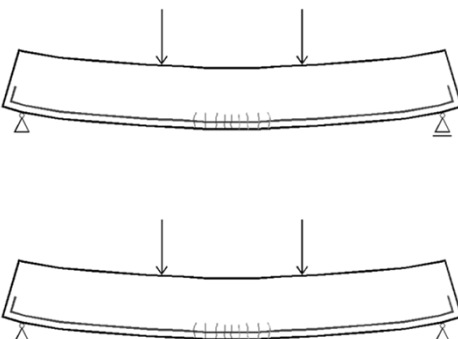
Patología Estructural
cuando en una estructura existente aparecen fisuras, deformaciones, etc,
no previstas o excesivas, se estudian las causas que las originaron, se analiza
si es posible una reparación y en caso afirmativo, cómo realizarla.

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 3

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (94.01) HORMIGÓN I

Estados Límites de Servicio – ELS (SLS)

Verificación explícita



VALORES ESTIMADOS Q_s

VALORES ADMISIBLES Q_{adm}

Reglamentos

Control indirecto

No se realiza una estimación de Q_s

Se respetan pautas reglamentarias que aseguran el cumplimiento de los ELS

Presenta importantes limitaciones ya que sólo es válido para ciertas condiciones

VERIFICACIONES “EN SERVICIO”!!!!!!
O SEA, SIN MAYORAR LAS CARGAS

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 4



Etapas para la verificación de ELS (SLS)

Verificación explícita

- 1- Definir el tipo de Estado Límite de Servicio que se desea verificar:
Deformaciones?, Fisuración?, etc.

POR EJEMPLO: SE VERIFICARÁ DEFORMACIONES

Estado de Carga



Estimar respuesta



Verificar

- 2- Definir las combinaciones de cargas con las que se verificará ese Estado Límite de Servicio.

EJ.: SE VERIFICARÁ DEFORMACIONES PARA LA CARGA PERMANENTE + LA SOBRECARGA COMPLETA (COEFICIENTE DE COMBINACIÓN=1)

- 3- Estimar la respuesta de la estructura para las combinaciones de carga definidas.

EJ.: SE DETERMINA LA FLECHA PARA LA CARGA DEFINIDA ANTERIORMENTE.

- 4- De acuerdo a criterios prefijados, se determina si la respuesta es adecuada.

ES LA FLECHA CALCULADA ACEPTABLE?

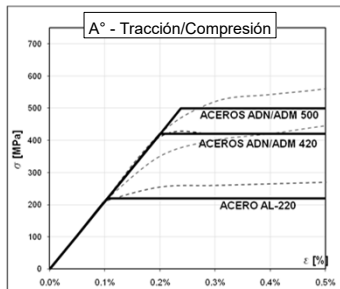
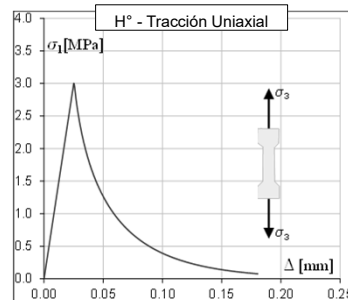
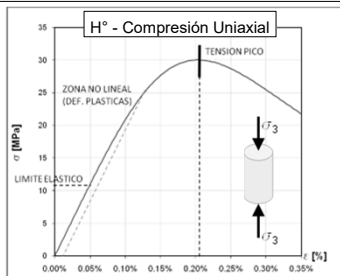


COMPORTAMIENTO EN SERVICIO

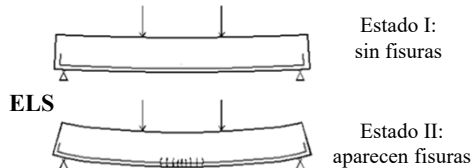


Hipótesis de comportamiento en ELS (SLS)

Se acepta que en Servicio los materiales están en RANGO ELÁSTICO LINEAL



Pero el Hormigón puede estar fisurado o no.



ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

7 Lámina



Hipótesis de comportamiento en ELS (SLS)

Se acepta que en Servicio los materiales están en RANGO ELÁSTICO LINEAL

Para las cargas de servicio se acepta:

- Hipótesis de Bernoulli: Secciones planas permanecen planas luego de la deformación - Distribución de Deformaciones Lineal
- Distribución de Tensiones proporcional a las deformaciones

$$\sigma = E \varepsilon ; \sigma = \frac{M y}{I}$$

Un Análisis Elástico da una buena idea del nivel de las tensiones del hormigón y del acero en estado de servicio

Se requiere determinar
 E e I

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 8

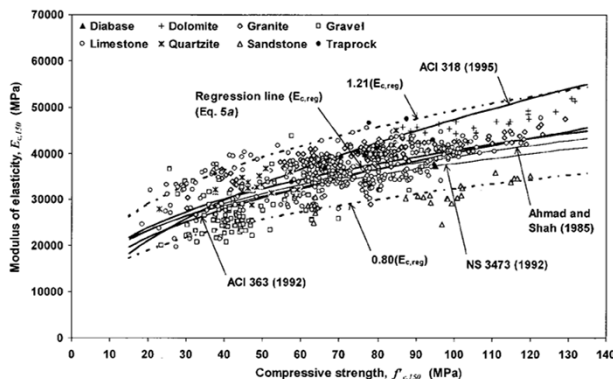


Módulo de Elasticidad (E)

CIRSOC-ACI

Módulo de Elasticidad del Acero E_s [MPa]	200000
Hormigón densidad normal E_c y f'_c [MPa]	$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$

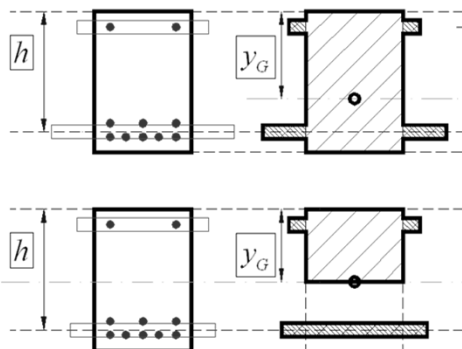
ATENCIÓN:
El módulo de elasticidad del hormigón "real" puede ser muy diferente al estimado por reglamento!!



[RASHID et. al – "Correlations between Mechanical Properties of High-Strength Concrete" – Journal of Materials in Civil Engineering - 2002]



Momento de Inercia (I) → Sección Homogeneizada



Sección Homogeneizada sin fisuras

Sección Homogeneizada fisurada

CUÁNDO SE FISURARÁ UNA SECCIÓN?

Cuando σ^+ alcance la Resistencia del Hormigón a Tracción por Flexión

$$f_r = 0.625 \sqrt{f'_c}$$

$$\sigma^+ = \frac{M_{CR} y_t}{I_g} = f_r \Rightarrow M_{CR} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

Momento de Fisuración (cracking)

La Sección se fisurará cuando el Momento de Servicio sea igual al M_{cr}

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (94.01) HORMIGÓN I

ELS – Tensiones en la Sección Homogeneizada

Sección Homogeneizada sin fisuras

Sección Homogeneizada fisurada

NO se desprecian las tensiones de tracción en el H° en ELS

Comportamiento Reológico del Hormigón:
Por creep, se producirá un aumento de la deformación del hormigón. Consecuentemente, admitiendo que la sección se mantiene plana, incrementará la deformación del acero produciendo un pequeño aumento en la tensión del acero traccionado.

Ver en la Pág. del curso Ejercicio de Sección Homogeneizada

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 11

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (94.01) HORMIGÓN I

ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIÓN

ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIÓN

- Verticales (o flechas) en elementos horizontales
- Verticales en elementos verticales
- Horizontales (o laterales) en elementos verticales

12



Razones por las que es necesario controlar las Deformaciones

DAÑO A OTROS
ELEMENTOS

Por ejemplo
Elementos no estructurales: fisuras en paredes.
Elementos estructurales: solicitaciones.

FUNCIONALIDAD

Por ejemplo
Drenajes, funcionamiento de equipos

ESTÉTICAS

Impacto psicológico



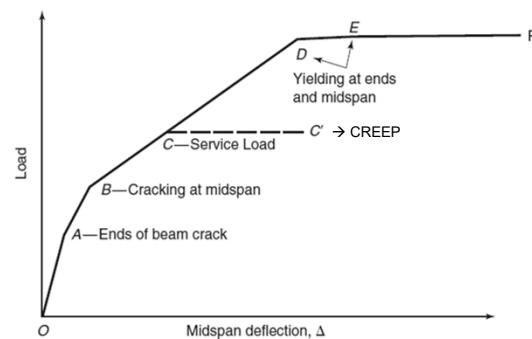
Comportamiento de elementos de H^oA^o bajo flexión

Qué factores inciden en las deformaciones?

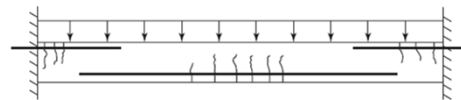
- Propiedades mecánicas del material
- Magnitud de las cargas
- Distribución de cargas
- Condiciones de apoyo
- Geometría del elemento (esbeltez)
- Historia de cargas
- Reología del hormigón (flecha diferida)
- Cuantía de armadura de compresión

- Fisuración → E I variable

La fisuración produce
una reducción de la
rigidez



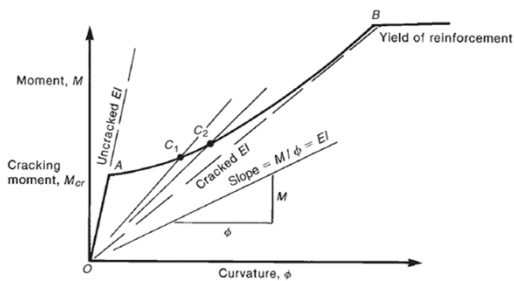
(a) Load-deflection diagram.



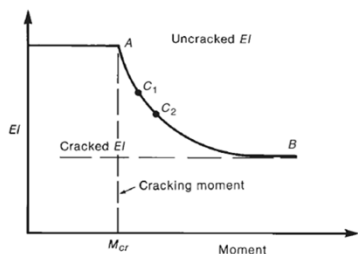
(b) Beam and loading.



Comportamiento de elementos de H°A° bajo flexión



(d) Moment-curvature diagram.



(e) Variation in EI with moment.

$$\chi = \frac{1}{\rho} \cong \frac{d\phi}{dl} = \frac{d^2v}{dl^2}$$

$$-M(x) = EI \frac{d^2v}{dx^2}$$

$$\theta = -\int \frac{M(x)}{EI} dx \quad \text{Rotaciones}$$

$$v = -\iint \frac{M(x)}{EI} dx \quad \text{Flechas}$$

$$v = -\frac{1}{EI} \iint M(x) dx \quad \text{EI cte}$$

La fisuración produce una reducción de la rigidez EI

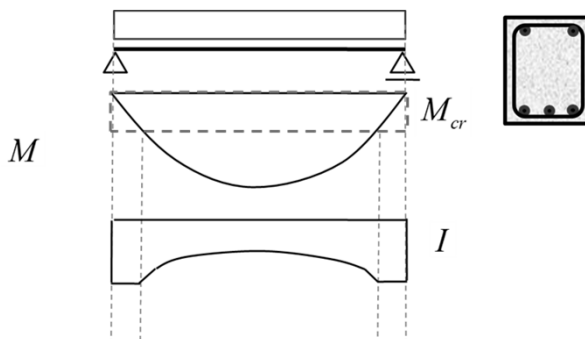
Wight MacGregor
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"



Comportamiento de elementos de H°A° bajo flexión

EN SECCIONES DE HORMIGÓN ARMADO

$$v = -\iint \frac{M(x)}{EI} dx \quad I \neq cte \Rightarrow v \neq \frac{5}{384} \frac{q l^4}{EI}$$





Distintos tipos de deformaciones

- **Flecha instantánea:** Producida por la aplicación de las cargas en el instante $t=0$
- **Flecha diferida (o Flecha a largo plazo):** Generada a lo largo del tiempo por efectos reológicos en el hormigón bajo la acción de cargas cuasi-permanentes
- **Contraflecha:** Flecha impuesta al elemento en la etapa constructiva, antes de entrar en carga. Se emplea para reducir el valor de la flecha máxima. Es recomendable que de existir, sea igual y contraria a la flecha debida al peso propio.
- **Flecha total o a plazo infinito (o Flecha a largo plazo):** Suma de las tres anteriores
- **Flecha activa:** Es la que provoca daño en elementos no estructurales, calculada como la diferencia entre la flecha total y la existente en el momento de ejecución del elemento no estructural analizado



Métodos para verificar el ELS de deformaciones

Se utilizan métodos simplificados:

Control indirecto

ESBELTEZ MÍNIMA:

En función de las Condiciones de Apoyo (y en algunos reglamentos, de la cuantía), se limita la Relación Luz/Altura del elemento para la cual se admite no verificar flechas.

$$h \geq \frac{L}{Coef}$$

Verificación explícita

CALCULAR LA FLECHA CON UN MOMENTO DE INERCIA EFECTIVO:

Es un Método Simplificado (basado en ensayos) para el cálculo de Flechas Instantáneas que se basa en considerar una rigidez constante equivalente en toda la longitud del elemento. Permite utilizar las mismas fórmulas de flechas utilizadas para elementos homogéneos en función de las condiciones de vínculos y de cargas.

$$f \leq f_{adm} \quad \text{Re glamento}$$



Cálculo de Flechas por el Método de Branson

Verificación explícita

Método simplificado para el cálculo del momento de inercia efectivo para estimar las deformaciones instantáneas

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_{gt} + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_{gt}$$

$$f_o = \alpha \cdot \frac{M \cdot l^2}{E_c \cdot I_e}$$

Deformación Inicial o de Corta Duración

$$M_{cr} = \text{Momento de fisuración} \quad M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_{gt}}{y_t}$$

$$f_r = \text{Resistencia a tracción por flexión} \quad f_r = 0.625 \cdot \sqrt{f_c}$$

y_t = Distancia desde el baricentro hasta la fibra más traccionada

M_a = Momento de servicio máximo en la etapa en que se están considerando las deformaciones

I_{gt} = Momento de Inercia de la sección de H° (en Estado I, sin homogeneizar- E_j secc rectangular: b.d³/12)

I_{cr} = Momento de Inercia de la sección homogeneizada fisurada.

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 19



Cálculo de Flechas por el Método de Branson

Verificación explícita

Viga bi-articulada:
 I_e En el punto de momento máximo

Voladizo:
 I_e En el apoyo

Viga bi-empotrada o con continuidad en ambos extremos:

$$I_{em} = 0.70 \cdot I_m + 0.15 \cdot (I_{ec1} + I_{ec2})$$

Viga empotrada en un apoyo o con continuidad en uno de sus extremos:

$$I_{em} = 0.85 \cdot I_m + 0.15 \cdot (I_{ec})$$

tramo

 apoyo con
continuidad

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 20



Cálculo de Flechas por el Método de Bischoff

Verificación explícita
Tabla 24.2.3.5 — Momento de inercia efectivo, I_e

Momento en servicio	Momento efectivo de inercia, I_e , mm ⁴	
$M_a \leq (2/3)M_{cr}$	I_g	(a)
$M_a > (2/3)M_{cr}$	$\frac{I_{cr}}{1 - \left(\frac{(2/3)M_{cr}}{M_a}\right)^2 \left(1 - \frac{I_{cr}}{I_g}\right)}$	(b)

24.2.3.6 Para losas continuas en una dirección y vigas continuas se permite tomar I_e como el promedio de los valores obtenidos de la Tabla 24.2.3.5 para las secciones críticas de momento positivo y negativo.

24.2.3.7 Para losas en una dirección y vigas prismáticas, se permite tomar I_e como el valor obtenido de la Tabla 24.2.3.5 en el centro de la luz para tramos simples y continuos y en el apoyo para voladizos.

R24.2.3.5 La aproximación para el momento de inercia efectivo, desarrollada por Bischoff (2005), ha demostrado que lleva a resultados de las deflexiones calculadas que tienen suficiente precisión para un amplio intervalo de cuantías de refuerzo (Bischoff and Scalton 2007).

El M_{cr} se multiplica por dos tercios para considerar restricciones que puede reducir el momento de fisuración efectivo y para tener en cuenta una resistencia reducida a la tracción del concreto durante construcción que puede llevar a fisuración que posteriormente afecte las deflexiones de servicio (Scanlon and Bischoff 2008).

Antes de 2019, ACI 318 utilizaba una ecuación diferente (Branson 1965) para el cálculo de I_e .

Se ha demostrado que la ecuación anterior subestimaba las deflexiones de miembros con cuantías de refuerzo bajas, lo cual es usual en losas, y no consideraba el efecto de la restricción. Para miembros con cuantías de refuerzo superiores al 1 por ciento y momentos de servicio de al menos el doble del momento de fisuración, hay poca diferencia en las deflexiones calculadas utilizando los requisitos anteriores y los del presente Reglamento.

ACI 318-19 (2019) Building Code Requirements for Structural Concrete, Reported by ACI Committee 318

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 21



Cálculo de Flecha a Largo Plazo

Verificación explícita

Deflexiones dependientes del tiempo - Elementos no pretensados

Conocida la Flecha Inicial o de Corta Duración f_o de las cargas permanentes (más ~un 20% de las vivas)

Deformación de Larga Duración: $f_\infty = f_o (1 + \lambda)$

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50 \rho'}$$

ρ' : **Cuantía de armadura de compresión:** $A'_s/b/h$
(en el centro de tramos para vigas, en apoyos para voladizos)

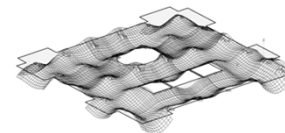
ξ : **Factor dependiente del tiempo para cargas sostenidas**

5 años o más $\xi = 2.0$

12 meses $\xi = 1.4$

6 meses $\xi = 1.2$

3 meses $\xi = 1.0$



$$f_\infty = f_o^{0.80L} + 3 f_o^{D+0.20L}$$

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 22

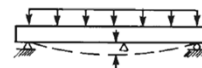
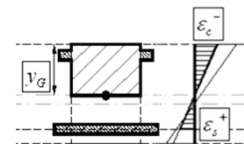


Incidencia de la Armadura de Compresión

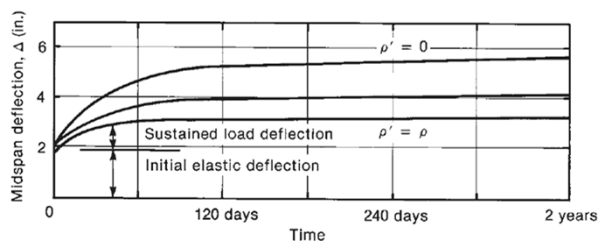
Verificación explícita

Por el comportamiento reológico del hormigón

- Se produce un incremento de las deformaciones de compresión.
- La deformación de la armadura traccionada casi no varía
- Al aumentar las deformaciones en la zona comprimida por creep, aumentarán las tensiones en la Armadura Comprimida.
- Se producirá una transferencia de esfuerzos de compresión del Hormigón al Acero Comprimido.
- Como resultado, disminuirá la tensión en el H° y por lo tanto, disminuirán también las deformaciones por creep.



Disponiendo armadura de compresión, se pueden disminuir las deformaciones diferidas.



Wight MacGregor "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 23



Flechas Admisibles s/CIRSOC-ACI

Verificación explícita

Tabla 9.5.b) Flechas máximas admisibles

$$f \leq f_{adm} = \frac{luz}{coef}$$

Tipo de elemento	Deformaciones (Flechas) a considerar	Deformación (flecha) límite
<input type="checkbox"/> Cubiertas planas que <i>no soportan ni están unidas</i> a elementos no estructurales que puedan sufrir daños por grandes flechas	<i>Flecha instantánea debida a la sobrecarga L</i>	$\frac{l}{180}$ (*)
<input type="checkbox"/> Entrepisos que <i>no soportan ni están unidos</i> a elementos no estructurales que puedan sufrir daños por grandes flechas	<i>Flecha instantánea debida a la sobrecarga L</i>	$\frac{l}{360}$
<input type="checkbox"/> Cubiertas o entrepisos que <i>soportan o están unidos</i> a elementos no estructurales que pueden sufrir daños por grandes flechas	<i>Parte de la flecha total</i> que ocurre después de la construcción de los elementos no estructurales, o sea, la suma de las flechas a largo plazo debidas a las cargas de larga duración y las flechas instantáneas que ocasiona cualquier sobrecarga adicional (**)	$\frac{l}{480}$ (**)
<input type="checkbox"/> Cubiertas o entrepisos que <i>soportan o están unidos</i> a elementos no estructurales que <i>no</i> pueden sufrir daños por grandes deformaciones (flechas)	a largo plazo debidas a las cargas de larga duración y las flechas instantáneas que ocasiona cualquier sobrecarga adicional (**)	$\frac{l}{240}$ (***)

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 24



ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN



25



Razones por las que es necesario controlar la Fisuración

DURABILIDAD

PUEDEN IMPLICAR
- CORROSIÓN DE ARMADURA,
- DEGRADACIÓN PROGRESIVA DEL HORMIGÓN

FUNCIONALIDAD

POR EJEMPLO
EN RECIPIENTES PARA LÍQUIDOS



ESTÉTICAS

IMPACTO PSICOLÓGICO



Cómo controlar la Fisuración?

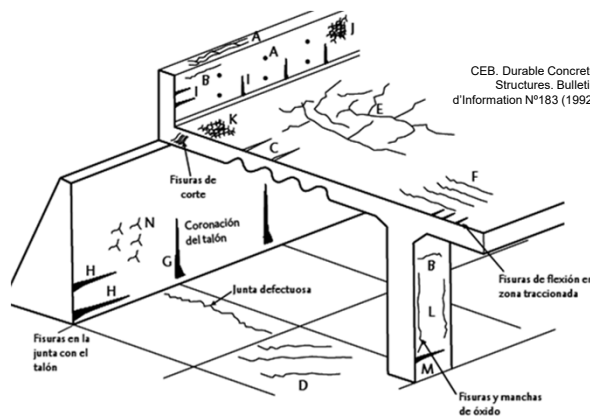
ALGUNAS FISURAS SON PRODUCIDAS POR DEFICIENCIAS DE LOS MATERIALES O POR DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS. IGUALMENTE, PUEDEN AFECTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL. SE LIMITAN MEJORANDO LA DOSIFICACIÓN, EL CURADO Y LA EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

OTRAS FISURAS SE DEBEN AL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y PUEDEN PREVERSE EN LA ETAPA DE DISEÑO. SE CONTROLAN EN LA ETAPA DE DISEÑO ESTRUCTURAL LIMITANDO “LA ABERTURA DE FISURAS”



Causas de Fisuración (clasificación s/CEB*)

- Antes del endurecimiento del hormigón
- Plásticas (Asentamiento plástico^{A,B,C}, Retracción plástica^{D,E,F})
 - Movimientos en la ejecución (de encofrados, de la sub-base)
 - Heladas tempranas
- Después del endurecimiento del hormigón
- Físicas (Retracción por secado^I, Áridos con retracción, Afogado^{J,K})
 - Químicas (Corrosión acero^{L,M}, reacción árido-álcalis^N, ataque sulfatos)
 - Térmicas (Congelación-Deshielo, Coacción térmica^{G,H})
 - **Estructurales** (Cargas, Deformaciones impuestas)



* CEB: COMITÉ EUROPEO-INTERNACIONAL DEL HORMIGÓN

Fisuración – Conceptos básicos

La longitud de transferencia “ L_t ” es la necesaria para que el acero transfiera al H° una tracción igual al esfuerzo de fisuración

En la fisura, y en una cierta longitud, las deformaciones en el acero y en el hormigón son distintas
 $\varepsilon_c \neq \varepsilon_s$

$\sigma_s = \frac{P}{A_s}$

σ_c

μ

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 29

Fisuración – Conceptos básicos

La longitud de transferencia “ L_t ” es la necesaria para que el acero transfiera al H° una tracción igual al esfuerzo de fisuración

$$\mu_{adh} \cdot \pi \cdot d_b \cdot L_t = f_{ct} \cdot A_{homogeneizada-eficaz}^{tracción}$$

$$\mu_{adh} \cdot \pi \cdot d_b \cdot L_t = f_{ct} \cdot (A_{eficaz} + (n-1) \cdot A_s)$$

$$\mu_{adh} \cdot \pi \cdot d_b \cdot L_t = f_{ct} \cdot \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} \cdot \left(\frac{A_{eficaz}}{A_s} + (n-1) \right)$$

$$\Rightarrow L_t = \frac{f_{ct}}{4 \cdot \mu_{adh}} \cdot d_b \cdot \left(\frac{1}{\rho_{ct}} + (n-1) \right)$$

$$\Rightarrow L_t \approx \frac{f_{ct}}{4 \cdot \mu_{adh}} \cdot \frac{d_b}{\rho_{ct}}$$

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 30

Fisuración: Separación entre fisuras

Si sigue aumentando la carga....

la siguiente fisura aparece a una distancia $s_{cr} \geq L_t$

$\sigma_s = \frac{P}{A_s}$

σ_c

Evidencia experimental muestra que además

$s_{cr} \leq 2 L_t$

$\rightarrow L_t \leq s_{cr} \leq 2 L_t$

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 31

Fisuración: Abertura (o ancho) de fisuras

El ancho total de una fisura es la diferencia entre la deformación del acero y la del hormigón en una longitud " s_{cr} " (separación entre fisuras)

$$w = \int_{-s_{cr}/2}^{+s_{cr}/2} (\varepsilon_s - \varepsilon_c^+) ds$$

NO ES FÁCIL DE DETERMINAR..... SE UTILIZAN ECUACIONES EMPÍRICAS

La tensión de trabajo del acero ADN 420 es del orden 240 MPa \rightarrow deformación del orden del 1.15 ‰

La deformación del hormigón en tracción es del orden de 0.10 ‰

$\Rightarrow \varepsilon_c^+ \ll \varepsilon_s$

$w \approx \varepsilon_s \cdot s_{cr}$

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 32



Fisuración: Abertura (o ancho) de fisuras

$$w \approx \varepsilon_s \text{ med} \cdot S_{cr} \Rightarrow w \approx \frac{\sigma_s \text{ med}}{E_s} \cdot S_{cr}$$

Además, la evidencia experimental muestra que hay:

- **Incidencia del recubrimiento:** cuanto mayor es el recubrimiento, mayor es “ s_{cr} ”.
- **Incidencia de la armadura transversal:** los estribos inducen la aparición de fisuras.

“ w ” NO ES FÁCIL DE DETERMINAR..... SE UTILIZAN ECUACIONES EMPÍRICAS

La abertura de fisuras se puede reducir:

- REDUCIENDO LA **TENSIÓN DE TRABAJO DEL ACERO**.
- REDUCIENDO LA **DISTANCIA ENTRE FISURAS**

$$w_K \leq w_{\max}$$

$$\text{LÍMITES: } w_{\max} = 0.10 \text{ a } 0.40 \text{ mm}$$

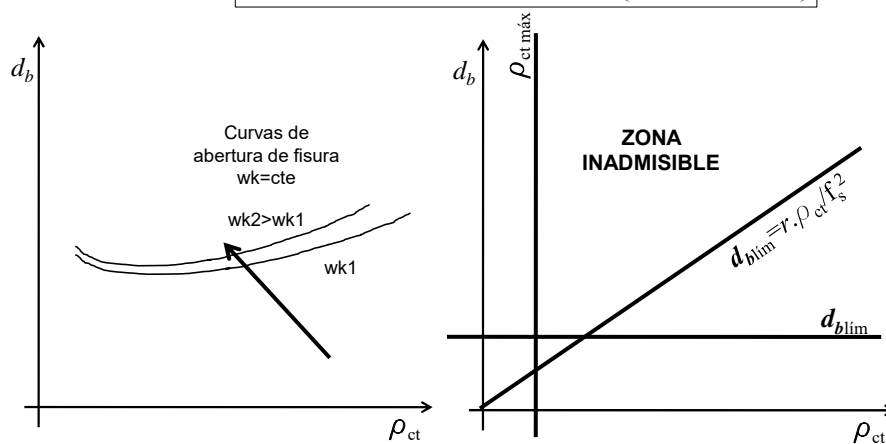
según el grado de exposición y el destino de la estructura



Fisuración: Abertura (o ancho) de fisuras

CIRSOC-DIN

$$w_K = 10^{-6} \cdot \left[k_1 \cdot rec + k_2 \cdot k_3 \cdot \frac{d_b}{\rho_{ct}} \right] \cdot f_s \cdot \left(1 - \left(\frac{0.18 \cdot f_{ct}}{f_s \cdot \rho_{ct}} \right)^2 \right)$$



$$k_1 = k_1(rec, s, E_s)$$

$$k_2 = k_2(adh)$$

$$k_3 = k_3(\text{posic. eje neutro})$$

$$r = r(adh)$$



Fisuración: Abertura (o ancho) de fisuras

Eurocódigo 1992-1

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\left(f_s - K_f \left(\frac{f_{ct,eff}(1+n\rho_{eff})}{\rho_{eff}}\right)\right)}{E_s} \geq 0.6 \frac{f_s}{E_s} \quad \rho_{eff} = \frac{A_s}{A_{ceff}}$$

$$s_{r,max} = 3.4c + 0.425k_1k_2\phi/\rho_{eff}$$

Qué hace el ACI?

 Versiones anteriores
 (Gergely & Lutz, ACI SP-06, V20, 1968)

$$w_{max} [mm] = 0.011 \beta f_s \sqrt[3]{d_c A_o} 10^{-3}$$

 Versión actual
 (basada en Gergely & Lutz)

$$s [mm] = 380(280 / f_s) - 2.5c \leq 300(280 / f_s)$$


 Separación Máxima de Armadura Tractionada

$$s_{m\acute{a}x} \begin{cases} \leq 38cm \frac{280}{f_s} - 2.5 c_c \\ \leq 30cm \frac{280}{f_s} \end{cases}$$

(entre ejes de las barras)

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 35



Fisuración: Abertura (o ancho) de fisuras - REGLAMENTO

CIRSOC-ACI EN VIGENCIA

- No especifica un valor admisible de abertura de fisura
- La abertura de fisuras es controlada indirectamente a través de dos cosas:
 - Limitaciones en la separación máxima de armaduras
 - Recubrimiento

Se basa en la expresión empírica de Gergely-Lutz modificada. Para un valor dado de recubrimiento, se despeja cuál es la separación de armadura aceptable.

 Resultando, para los valores especificados en el reglamento,
 un valor aproximado de ancho de fisuras menor que

0.40mm para exposición interior.

Control indirecto


La verificación específica es recomendable en algunos casos, por ej.:

- tensores enterrados
- elementos con cargas no predominantemente estáticas
- tanques, estructuras marítimas, etc.

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 36

 <p>Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA) Departamento de Construcciones y Estructuras – (94.01) HORMIGON I</p>	<h2>ESTADO LÍMITE DE VIBRACIÓN</h2>	
	ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	Lámina 37

 <p>Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA) Departamento de Construcciones y Estructuras – (94.01) HORMIGON I</p>	<p>Razones por las que es necesario controlar las Vibraciones</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 150px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <h3>HABITABILIDAD</h3> </div> <p>CONFORT</p> <p>Se suele considerar que las estructuras de hormigón debido a su gran masa y rigidez no tienen problemas de vibraciones.... salvo en el caso particular de Fundaciones de Máquinas.</p> <p>Sin embargo, cuando la estructura es muy esbelta (losas finitas, vigas largas o poca rigidez frente a esfuerzos horizontales) puede ser susceptible de sufrir vibraciones por el tránsito de personas, baile, gimnasio.... (aprox 2 a 4 hz)</p> <p>Casos típicos de vibraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estructuras esbeltas sometidas a la acción del viento o estructuras expuestas al oleaje • Estructuras que soportan máquinas oscilantes • Pasos elevados de carretera o ferrocarril • Actividades que implican movimiento rítmico de personas 	
	ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	Lámina 38



Cómo controlar las Vibraciones?

la Frecuencia Natural de un entrepiso puede estimarse en función de su deformación:

$$frec \approx (5.00 \text{ a } 6.00) \cdot \sqrt{\frac{1}{f_{\text{instantánea}} [cm]}} [Hz]$$

SI DA PRÓXIMA A LA FRECUENCIA SOLICITANTE, SE DEBERÁ ENCARAR UN CÁLCULO MÁS PRECISO.....

Recomendaciones de la Norma Española:
(g aceleración de la gravedad)

$$f_0 = k \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{q \cdot L^4}} ; k = \begin{cases} 1,56 \text{ (Art-Art)} \\ 3,56 \text{ (Emp-Emp)} \\ 2,45 \text{ (Art-Emp)} \\ 0,45 \text{ (Ménsula)} \end{cases}$$

Estructura	Frecuencia (Hz)
Gimnasios o palacios deportivos	> 8,0
Salas de fiestas o conciertos sin asientos fijos	> 7,0
Salas de fiestas o conciertos con asientos fijos	> 3,4
Pasarelas peatonales	< 1,6 ó > 4,5

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 39



FIN –
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

GRACIAS POR SU ATENCION !!!



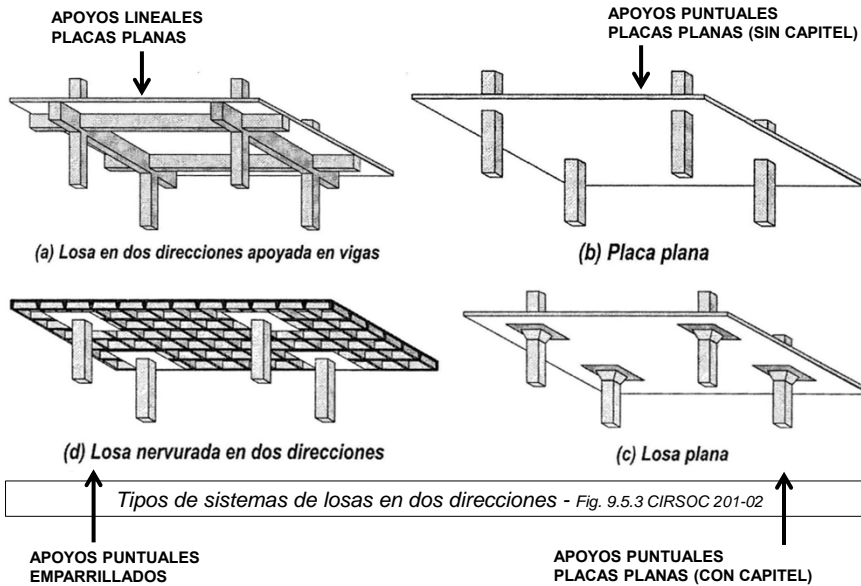
HORMIGÓN I

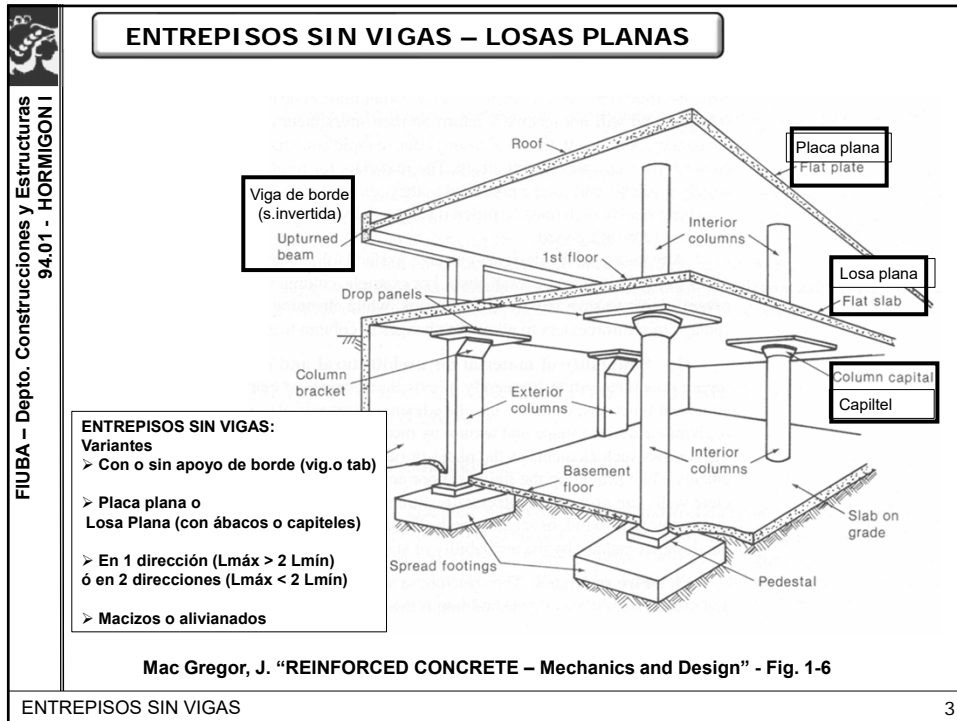
ENTREPISOS SIN VIGAS

- Predimensionamiento
- Solicitaciones
- Punzonado



ENTREPISOS SIN VIGAS – LOSAS PLANAS





FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
 94.01 - HORMIGON I

ENTREPISOS SIN VIGAS

ENTREPISOS SIN VIGAS

5

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
 94.01 - HORMIGON I

ENTREPISOS SIN VIGAS

1- ANALISIS DE CARGAS
2- PREDIMENSIONAMIENTO
3- CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO

(Ejemplo)

ENTREPISOS SIN VIGAS

6

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

ENTREPIOS SIN VIGAS - PREDIMENSIONAMIENTO

Espesores mínimos de losas sin vigas interiores – Tabla 9.5. (c) CIRSOC 201-02

Tensión de fluencia especificada del acero f_y (MPa) (*)	Sin ábacos (**)			Con ábacos (**)		
	Losas exteriores		Losas interiores	Losas exteriores		Losas interiores
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde (***)		Sin vigas de borde	Con vigas de borde (***)	
220	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{40}$	$\frac{\ell_n}{40}$
420	$\frac{\ell_n}{30}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$
520	$\ell_n \approx 4,5 \text{ m}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\ell_n \approx 5,00 \text{ m}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\ell_n \approx 5,50 \text{ m}$	

(*) Para valores de la tensión de fluencia de la armadura, comprendidos entre los indicados en la 1ª columna, el espesor mínimo se obtendrá por interpolación lineal. A los fines de este Reglamento el valor de $f_y \leq 500$ MPa.

(**) El ábaco se define en los artículos 13.3.7.1 y 13.3.7.2. y en el Anexo al Capítulo 1.

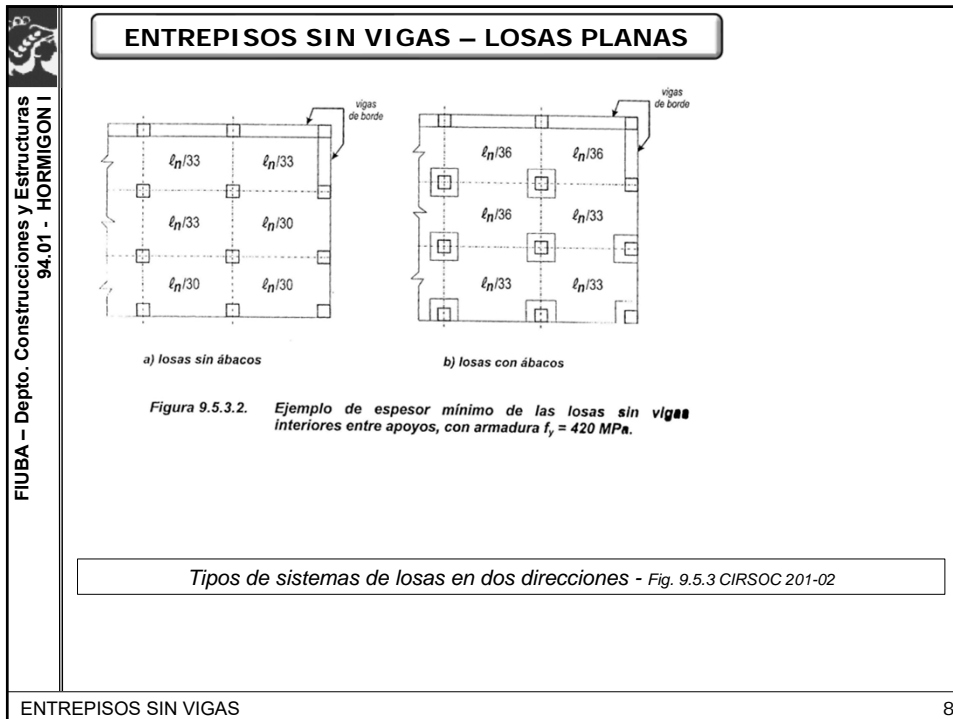
(***) Se refiere a losas con vigas entre las columnas a lo largo de los bordes exteriores. El valor de α para la viga de borde debe ser: $\alpha \geq 0,8$.

$d \geq 12\text{cm}$ losas sin ábacos
 $d \geq 10\text{cm}$ losas con ábacos
Según art. 9.5.3.2 CIRSOC 201-02

ℓ_n : luz mayor entre caras internas

Recomendación: $d \geq 15\text{cm}$

ENTREPIOS SIN VIGAS 7



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

ENTREPISOS SIN VIGAS

1- ANALISIS DE CARGAS

2- PREDIMENSIONAMIENTO

3- CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO

3.1 - Determinación de solicitaciones (Estabilidad)

3.2 - Verificación y dimensionamiento a flexión y corte ($H^{\circ} 1$)

(Ejemplo)

ENTREPISOS SIN VIGAS 9

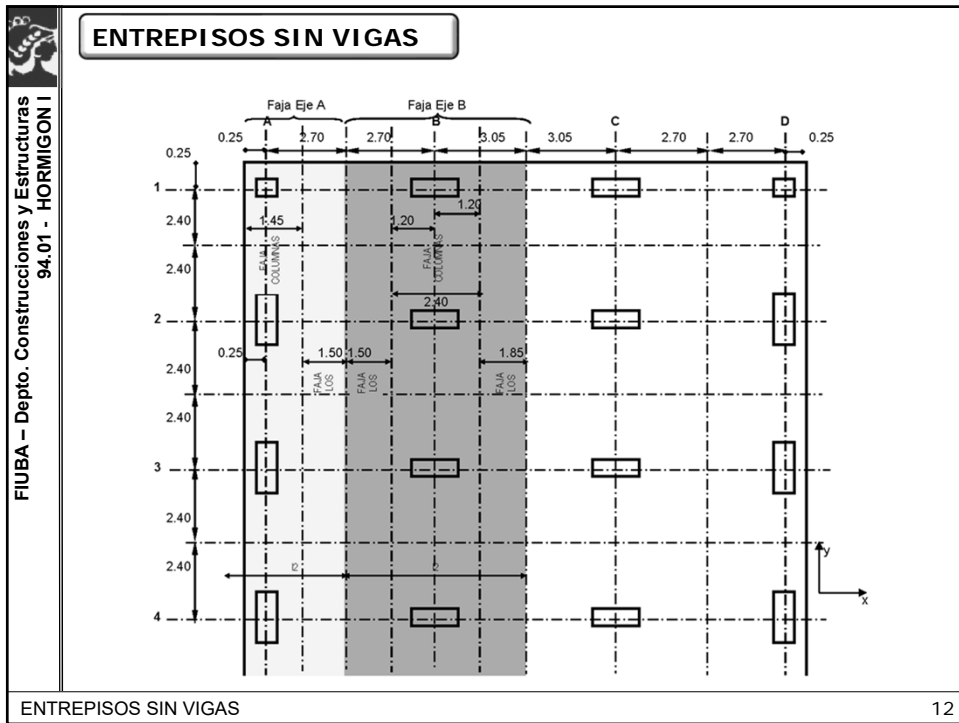
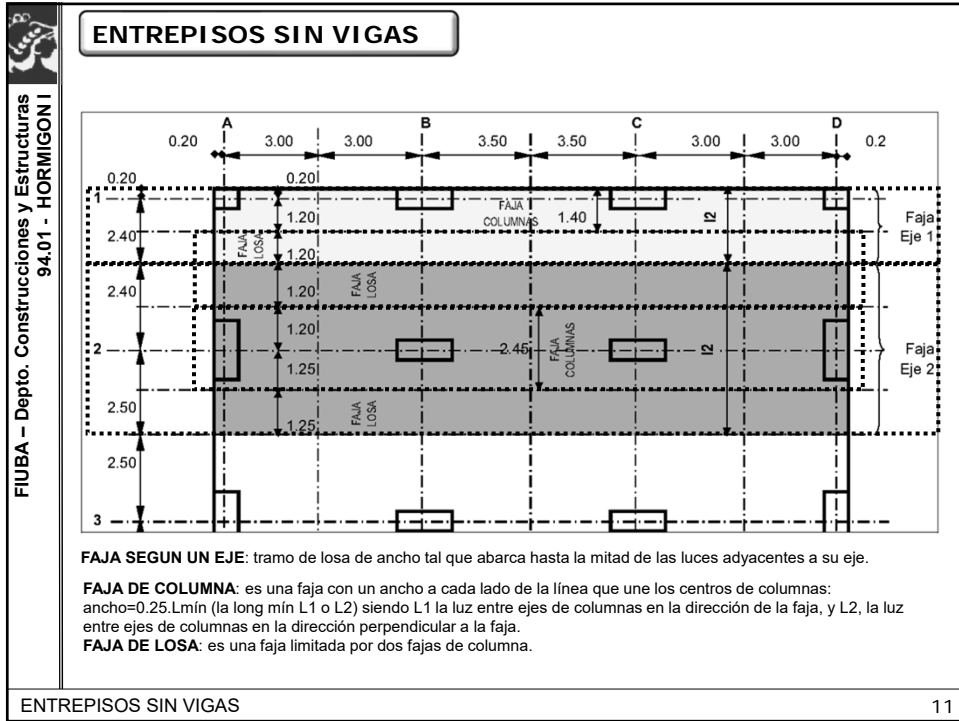
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

ENTREPISOS SIN VIGAS

PAÑO: sector de losa limitado por columnas, vigas o tabiques en todos sus lados.

(Ejemplo)

ENTREPISOS SIN VIGAS 10



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

ENTREPISOS SIN VIGAS

MÉTODOS DE CALCULO
de esfuerzos internos, reacciones de apoyo y desplazamientos

MÉTODOS APROXIMADOS:

➤ **Método de diseño directo:** *Art. 13.6 CIRSOC 201-02*
se calcula el momento isostático total de cada tramo ($q \cdot l^2/8$) y se distribuye primero en momentos positivos y negativos y luego en faja de columnas y faja de losas.
Condiciones:

- Debe haber un mínimo de 3 luces en cada dirección.
- Paneles rectangulares, relación de luces no mayor que 2.
- Las luces sucesivas no deben diferir en más de 1/3 de la luz más larga.
- Columnas alineadas o corridas menos de un 10%.
- Cargas gravitatorias; $L < 2 D$.

➤ **Método del pórtico equivalente:** *Art. 13.7 CIRSOC 201-02*
se resuelven las fajas como vigas continuas o como pórticos introduciendo la rigidez a flexión de las columnas.

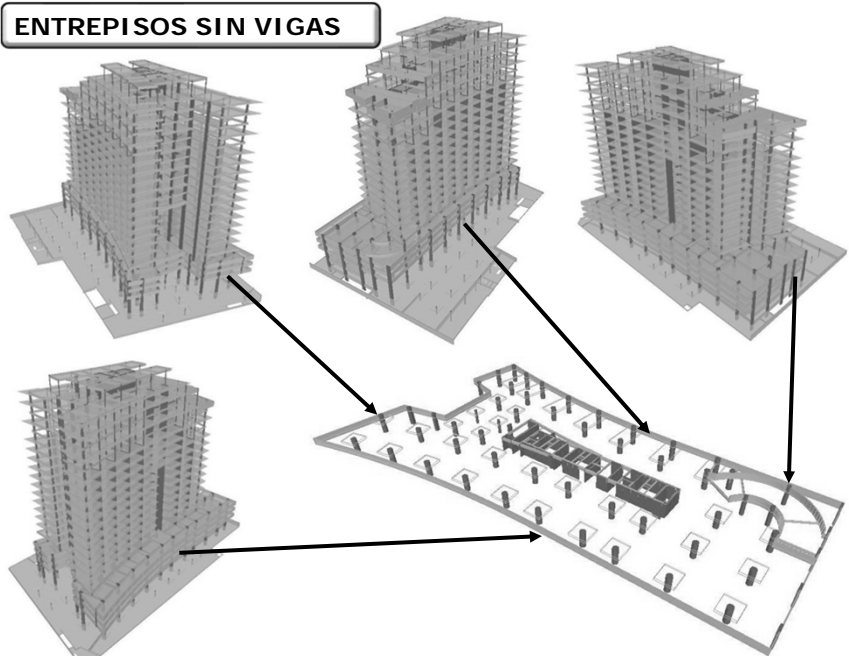
MÉTODOS NUMÉRICOS:

➤ **Modelo plano utilizando el método de los elementos finitos**

ENTREPISOS SIN VIGAS 13

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

ENTREPISOS SIN VIGAS



ENTREPISOS SIN VIGAS 14

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

ENTREPISOS SIN VIGAS

ENTREPISOS SIN VIGAS

15

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

ENTREPISOS SIN VIGAS

Dimensionamiento a Flexión

En dos direcciones ortogonales, según pautas explicadas, admitiendo algún grado de plastificación de los valores máximos calculados con modelos elásticos a fin de definir bandas de armado uniformes y reducir los “picos” de solicitación.

Dimensionamiento a Corte

Zona crítica: en la cercanía de columnas, cargas concentradas o reacciones

- Comportamiento como viga: una dirección dominante (cuando las luces son muy diferentes)
- Comportamiento en dos direcciones: verificación del punzonado

ENTREPISOS SIN VIGAS

16


FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

APOYOS PUNTUALES -> PUNZONADO



CONO DE ROTURA

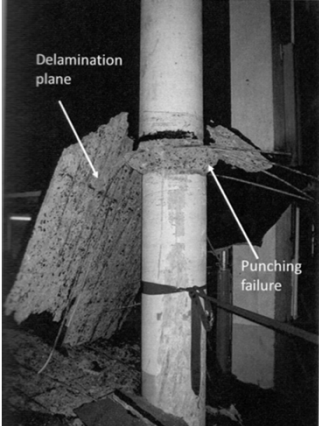
Hallgren, M. - Kinnunen, S. - Nylander, B.
"Punching shear tests on column footings"
NORDIC CONCRETE RESEARCH –
PUBLICATION N° 21 (1/98)



ENTREPISOS SIN VIGAS


17

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I



Delamination plane

Punching failure



Colapso progresivo de losas de estacionamiento en St-Laurent, Quebec
Dennis Mitchel, William D. Cook – McGill University, Montreal, Canada
BULLETIN 81 - ACI SP-315
ACI-fib symposium proceedings – APRIL 2017

ENTREPISOS SIN VIGAS

18

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

APOYOS PUNTUALES -> PUNZONADO

PERIMETRO CRITICO

Fig. 11.12.2 CIRSOC 201-05

ENTREPISOS SIN VIGAS19

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

APOYOS PUNTUALES -> PUNZONADO

Recordamos ...

El diseño de piezas sometidas a esfuerzos de corte debe basarse en la relación:

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

donde:

- V_u : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada
- V_n : Resistencia nominal al corte de la sección
- ϕ : Factor de reducción de resistencia

Para esfuerzos de corte: $\phi = 0.75$

La resistencia nominal al corte se determina mediante la siguiente expresión:

$$V_n = V_c + V_s$$

siendo:

- V_c : Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón y la armadura de flexión
- V_s : Resistencia nominal al corte proporcionada por la armadura de alma

Limitación de V_c según relación dimens. del apoyo

$$\beta_c = a/b ; a \geq b$$

Si $\beta_c \leq 2$: $V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{3} b_o d$

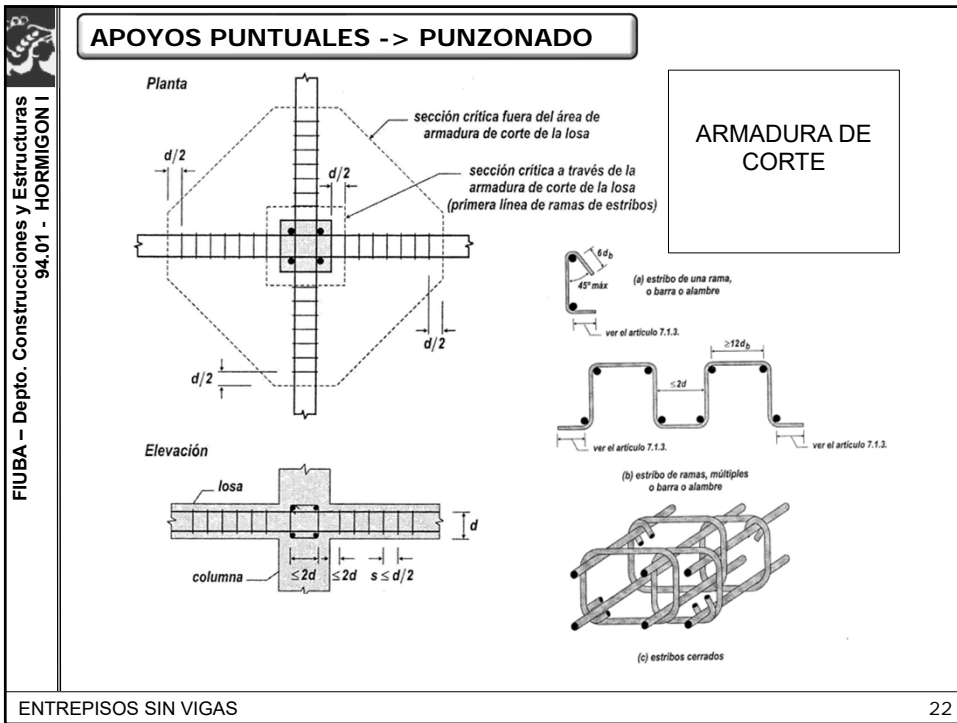
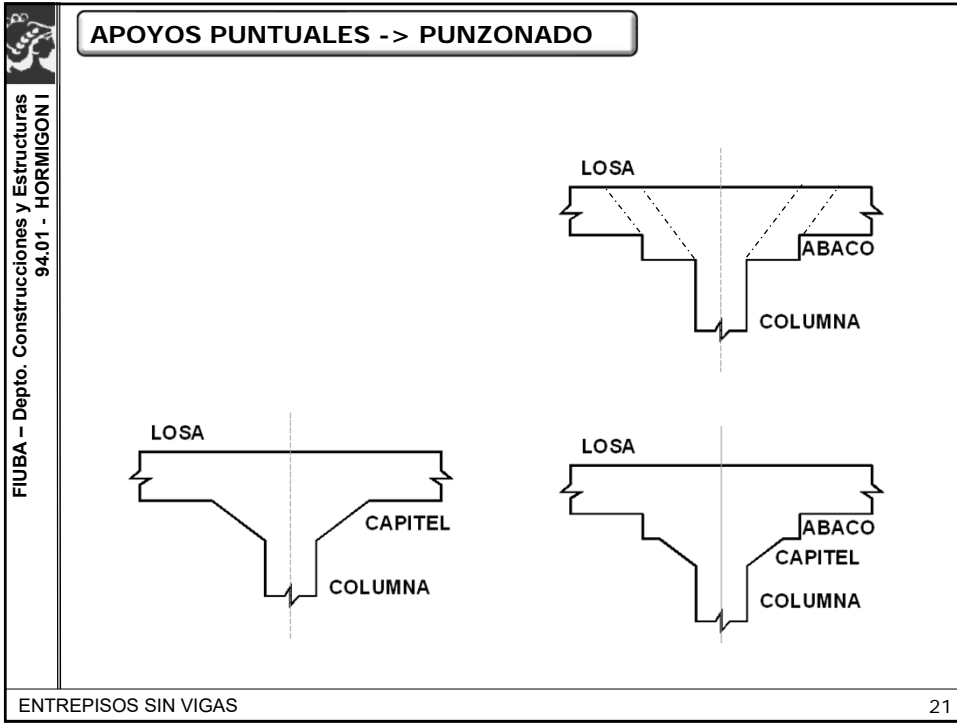
Si $\beta_c > 2$: $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_o d$

Limitación de V_c según la relación perímetro crítico/espesor efectivo (b_o/d)

$$V_c \leq \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} b_o d}{12}$$

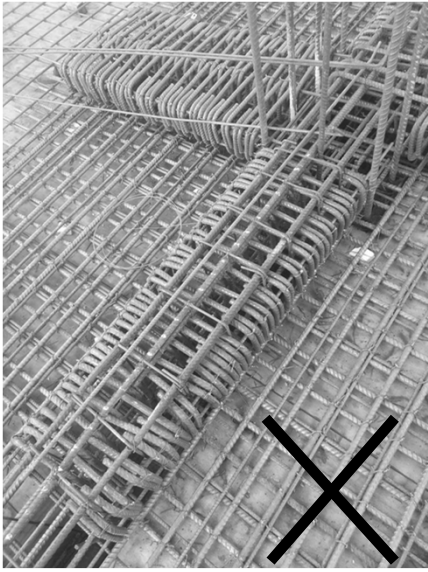

$$\alpha_s = \begin{cases} 40 & \text{para columnas interiores} \\ 30 & \text{para columnas de borde} \\ 20 & \text{para columnas de esquina} \end{cases}$$

ENTREPISOS SIN VIGAS20



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
 94.01 - HORMIGON I

APOYOS PUNTUALES -> PUNZONADO

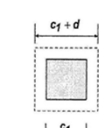
ENTREPISOS SIN VIGAS

23

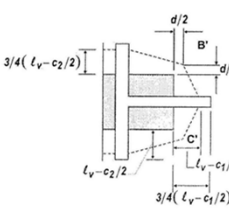
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
 94.01 - HORMIGON I

APOYOS PUNTUALES -> PUNZONADO

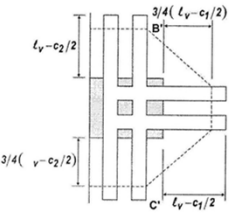
CONECTORES DE CORTE



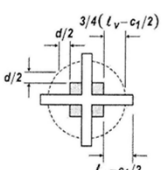
(a) sin conector de corte



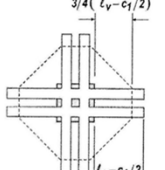
(d) conector de corte pequeño en el borde (n1 = 3)



(e) conector de corte grande en el borde (n1 = 3)

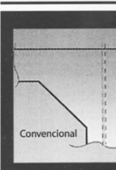
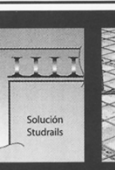


(b) conector de corte pequeño en el interior (n1 = 4)



(c) conector de corte grande en el interior (n1 = 4)

PERNOS PARA PUZONADO

ENTREPISOS SIN VIGAS

24

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

APOYOS PUNTUALES -> PUNZONADO

**VERIFICACION DE PUNZONADO:
ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

- **ENTREPISOS SIN VIGAS**
- **ZAPATAS**
- **CARGAS PUNTUALES EN LOSAS Y PLATEAS**
- **TABIQUES DE CONTENCIÓN CON PILOTES O PUNTALES**

ENTREPISOS SIN VIGAS
25

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

ENTREPISOS SIN VIGAS

Tabla 9.5.(b) Flechas máximas admisibles

Tipo de elemento	Deformaciones (Flechas) a considerar	Deformación (flecha) límite
<input type="checkbox"/> Cubiertas planas que no soportan ni están unidas a elementos no estructurales que puedan sufrir daños por grandes flechas	Flecha instantánea debida a la sobrecarga L	$\frac{\ell}{180}$ (*)
<input type="checkbox"/> Entrepisos que no soportan ni están unidos a elementos no estructurales que puedan sufrir daños por grandes flechas	Flecha instantánea debida a la sobrecarga L	$\frac{\ell}{360}$
<input type="checkbox"/> Cubiertas o entrepisos que soportan o están unidos a elementos no estructurales que puedan sufrir daños por grandes flechas	Parte de la flecha total que ocurre después de la construcción de los elementos no estructurales, o sea, la suma de las flechas a largo plazo debidas a las cargas de larga duración y las flechas instantáneas que ocasiona cualquier sobrecarga adicional (**)	$\frac{\ell}{480}$ (***)
<input type="checkbox"/> Cubiertas o entrepisos que soportan o están unidos a elementos no estructurales que pueden sufrir daños por grandes deformaciones (flechas)		$\frac{\ell}{240}$ (****)

ATENCIÓN!
CUANDO EXISTAN DIVISIONES INTERIORES "FRÁGILES" DEBEN CONTROLARSE LAS DEFORMACIONES COMPATIBLES CON ELLAS (ELS)

(*) Este límite no tiene por objeto constituirse en un resguardo contra la acumulación de agua. Esto último se debe verificar mediante cálculos adecuados de las flechas, incluyendo las cebidas al peso del agua estancada y considerando los efectos a largo plazo de todas las cargas de larga duración, la contraflecha, las tolerancias de construcción y la confiabilidad de las medidas adoptadas para el drenaje.

(**) Este límite se puede exceder siempre que se adopten las medidas adecuadas para prevenir daños en los elementos apoyados o unidos.

(***) Las flechas a largo plazo se deben determinar de acuerdo con el artículo 9.5.2.5, ó 9.5.4.3, pero se pueden reducir en la cantidad calculada de flecha que ocurre antes de vincular los elementos no estructurales. Esta cantidad será determinada en base a datos válidos relacionados con las características de la flecha en función del tiempo, para elementos similares a los que se estén considerando.

(****) Pero no mayor que la tolerancia establecida para los elementos no estructurales. Este límite se puede superar si se proporciona una contraflecha tal, que la flecha total menos la contraflecha no supere dicho límite.

ENTREPISOS SIN VIGAS
26

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

ENTREPISOS SIN VIGAS

CAMPO DE APLICACIÓN DE ESV :

ESPECIALMENTE APTOS PARA EDIFICIOS CON PLANTA LIBRE

- OFICINAS
- COCHERAS
- O CON DIVISIONES LIVIANAS Y “DUCTILES”

LIMITACIONES HABITUALES:


- Altura entre plantas en proyecto arquitectónico vs. Espesor necesario
- Viabilidad arquitectónica para los Capiteles
- Existencia de elementos no estructurales frágiles
- ELS: Sobrecargas cíclicas o impacto; vibraciones
- Pases junto columnas (art.11.12.5)

Recomendaciones de diseño:
 Extender ($>1/6$ luz losa) los ábacos para mejorar el balance de esfuerzos de flexión: $M+ / M-$

27

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGÓN I

ENTREPISOS SIN VIGAS



28

ENTREPISOS SIN VIGAS

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I



ENTREPISOS SIN VIGAS 29

This image shows an aerial view of a construction site. The ground is excavated, and a network of rebar is laid out in a grid pattern across the site, indicating the preparation for a concrete slab. Scaffolding and construction equipment are visible around the perimeter of the work area.

ENTREPISOS SIN VIGAS

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I



ENTREPISOS SIN VIGAS 30

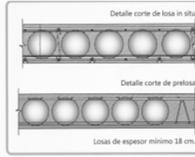
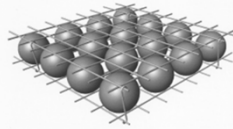
This image provides a ground-level perspective of the construction site. Several workers wearing hard hats are seen working on the rebar grid. They are positioned on wooden formwork that supports the rebar. The rebar is arranged in a grid pattern, with some sections already partially covered by concrete. The site is surrounded by earth and construction materials.



FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

ENTREPISOS SIN VIGAS

Losas alivianadas con esferas



LOSAS ALIVIANADAS

Por ejemplo con esferas



ENTREPISOS SIN VIGAS

31



FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras
94.01 - HORMIGON I

LOSA CASETONADA



foto tomada del site www.frigopoleps.com

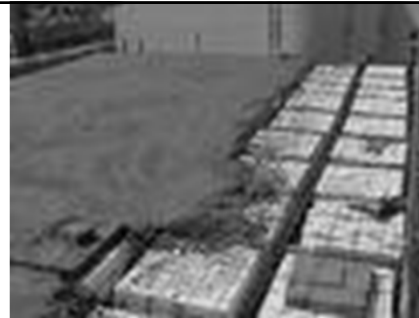


foto tomada del site www.fanosa.com

CON VIGAS:
=> SON LOSAS CRUZADAS

SIN VIGAS:
=> SON EMPARRILLADOS



CASETONES RECUPERABLES - foto tomada del site webs.demasiado.com

ENTREPISOS SIN VIGAS

32



Entrepisos sin vigas

GRACIAS POR SU ATENCION !!!