

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I


Diseño estructural basado en Estados Límites


<div style="font-size: 2em;">{</div>	<p>Estados Límite Últimos ELU (ULS) \Rightarrow que no colapse!! que sea estable!!</p>
<div style="font-size: 2em;">{</div>	<p>Estados Límite de Servicio ELS (SLS) \Rightarrow que no sean excesivas las deformaciones, la abertura de fisuras, las vibraciones, etc.</p>

y al menor costo posible !

- Introducción
- Hipótesis del comportamiento
- Control de fisuración
- Control de deformaciones
- Control de vibraciones

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 2

 Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA) Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I	<h3>Estados Límites de Servicio - ELS (SLS)</h3>
	<p>Verificar los ELS implica Asegurar una Prestación adecuada de la estructura para los niveles de carga de servicio, de acuerdo al uso especificado. ASEGURAR LA FUNCIONALIDAD</p>
	<p>Control indirecto de ELS ó Verificación explícita de ELS</p>
	<p>Patología Estructural cuando en una estructura aparecen fisuras, deformaciones, etc, no previstas o excesivas, se estudian las causas que las originaron y la forma posible de reparación.</p>
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	
	Lámina 3

 Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA) Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I	<h3>Etapas para la verificación de ELS (SLS)</h3>	
	<p>1- Definir el tipo de Estado Límite de Servicio que se desea verificar: Deformaciones?, Fisuración?, etc. POR EJEMPLO: SE VERIFICARÁ DEFORMACIONES</p>	
	<p>Estado de Carga</p> <p>↓</p>	<p>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)</p>
	<p>Estimar respuesta</p> <p>↓</p>	<p>3- Estimar la respuesta de la estructura para las combinaciones de carga definidas. EJ.: SE DETERMINA LA FLECHA PARA LA CARGA DEFINIDA ANTERIORMENTE.</p>
<p>Verificar</p>	<p>4- De acuerdo a criterios prefijados, se determina si la respuesta es adecuada. ES LA FLECHA CALCULADA ACEPTABLE?</p>	
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO		
	Lámina 4	

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Estados Límites de Servicio - ELS (SLS)

VALORES ESTIMADOS Q_s

VALORES ADMISIBLES Q_{adm}

Reglamentos

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

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 5

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

COMPORTAMIENTO EN SERVICIO

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 6

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Hipótesis de comportamiento en ELS (SLS)

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

A° - Tracción/Compresión

Pero el Hormigón puede estar fisurado o no.

Estado I:
sin fisuras

ELS

Estado II:
aparecen fisuras

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 7

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

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:

- Distribución de Deformaciones Lineal
- Distribución de Tensiones proporcional a las deformaciones

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

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

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Módulo de Elasticidad (E)

CIRSOC- ACI	Módulo de Elasticidad del Acero Es [MPa]	200000	
1	Hormigón densidad normal	$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c}$	$E_c y f'_c$ [MPa]
2	Hormigón densidad w_c entre 1500 y 2500 kg/m ³	$E_c = w_c^{1.5} \cdot 0.043 \cdot \sqrt{f'_c}$	$E_c y f'_c$ [MPa]

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]

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO
Lámina 9

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Momento de Inercia (I) → Sección Homogeneizada

Sección Homogeneizada
sin fisuras

Sección Homogeneizada
fisurada

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO
Lámina 10

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Momento de Inercia (I) → Sección Homogeneizada

Para cargas “en servicio”, la estructura puede estar fisurada o no

CUÁNDO SE FISURARÁ UNA SECCIÓN?

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

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

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

Momento de Fisuración (cracking)

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

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 11

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

ELS - Tensiones en la Sección Homogeneizada

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 12

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

ESTADO LÍMITE DE FISURACIÓN



ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 13


Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

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

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 14

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

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”

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 15

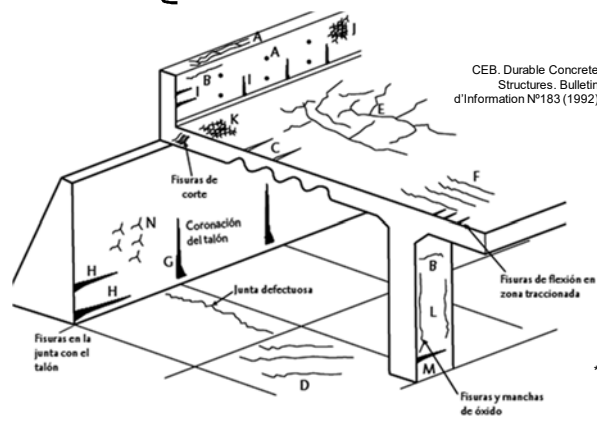
Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Causas de Fisuración (clasificación s/CEB*)

Antes del endurecimiento del hormigón	⇒	<ul style="list-style-type: none"> - 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	⇒	<ul style="list-style-type: none"> - 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)

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 16



* 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^o 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
 $\epsilon_c \neq \epsilon_s$

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 17

Fisuración - Conceptos básicos

La longitud de transferencia " L_t " es la necesaria para que el acero transfiera al H^o una tracción igual al esfuerzo de fisuración

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

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

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

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

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

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 18

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 19

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)

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

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 ‰

$\Rightarrow \epsilon_c^+ \ll \epsilon_s$ $w \approx \epsilon_s \text{ med} \cdot s_{cr}$

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 20

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
 Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

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

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

LÍMITES: $w_{\max} = 0.10 \text{ a } 0.40 \text{ mm}$
 según el grado de exposición y el destino de la estructura

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO
Lámina 21

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
 Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Fisuración: Abertura (o ancho) de fisuras

CIRSOC-DIN

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

Curvas de abertura de fisura $w_k = cte$
 $w_{k2} > w_{k1}$

ZONA INADMISIBLE
 $d_{b \text{ lim}} = r \cdot \rho_{ct} / f_s^2$

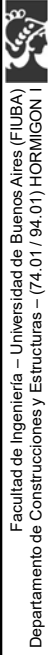

$k_1 = k_1(rec, s, E_s)$


$k_2 = k_2(adh)$

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

$r = r(adh)$

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO
Lámina 22

	Fisuración: Abertura (o ancho) de fisuras	
	Eurocódigo 1992-1	
	$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\left(f_s - K_f \left(\frac{f_{cteff}(1+n\rho_{eff})}{\rho_{eff}}\right)\right)}{E_s} \geq 0.6 \frac{f_s}{E_s} \quad \rho_{eff} = \frac{A_s}{A_{ceff}}$	
	$S_{r,max} = 3.4c + 0.425k_1k_2\phi/\rho_{eff}$	
ACI		
$W_{max} = 0.011\beta f_s^3 \sqrt{d_c A_o} * 10^{-3} \text{ mm,}$		Versiones anteriores (Gergely & Lutz, ACI SP-06, V20,1968)
$s = 380(280/f_s) - 2.5c \leq 300(280/f_s)$		Versión actual (basada en Gergely & Lutz)
		
Separación Máxima de Armadura Traccionada		
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO		Lámina 23

	Fisuración: Abertura (o ancho) de fisuras - REGLAMENTO	
	CIRSOC-ACI EN VIGENCIA	
	<ul style="list-style-type: none"> - No especifica un valor admisible de abertura de fisura - La abertura de fisuras es controlada indirectamente a través de dos cosas: <ul style="list-style-type: none"> - Limitaciones en la separación máxima de armaduras - Recubrimiento 	
	<p>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.</p> <p style="text-align: center;">Resultando, para los valores especificados en el reglamento, un valor aproximado de ancho de fisuras menor que 0.40mm para exposición interior.</p> <div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Control indirecto</div> <p>La verificación específica es recomendable en algunos casos, por ej.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tensores enterrados - elementos con cargas no predominantemente estáticas - tanques, estructuras marítimas, etc. 	
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO		Lámina 24

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

ESTADO LÍMITE DE DEFORMACIÓN

[Verticales (o flechas): Elementos horizontales
Horizontales (o laterales): Elementos verticales]

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 25

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

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

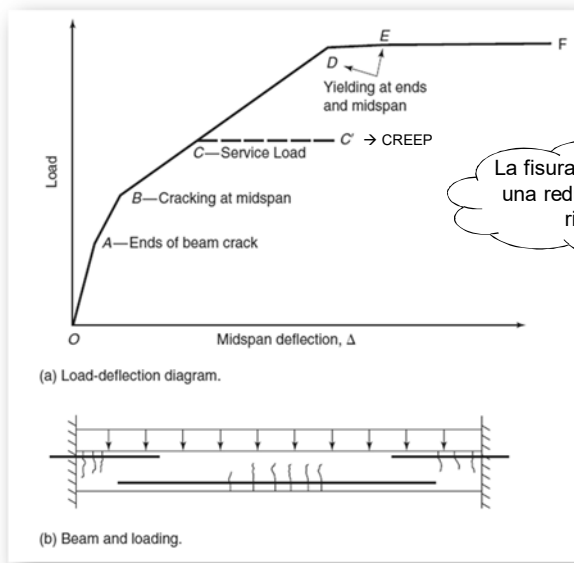
ESTÉTICAS

IMPACTO PSICOLÓGICO

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 26

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
 Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Comportamiento de vigas de H°A°



La fisuración produce una reducción de la rigidez

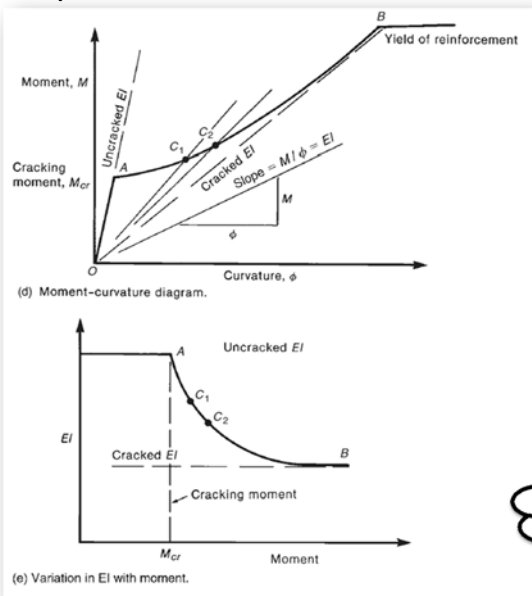
Wight MacGregor
 "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 27

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
 Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Comportamiento de vigas de H°A°



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

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

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

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

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

La fisuración produce una reducción de la rigidez E I

Wight MacGregor
 "Reinforced Concrete Mechanics and Design"

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 28

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Comportamiento de vigas de H°A°

EN SECCIONES DE HORMIGÓN ARMADO

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

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 29

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Tipos de flechas consideradas

- **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 casi-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, si existe, 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

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Lámina 30

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Factores que inciden en la Deformación

- 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
- Contribución del H° entre fisuras?

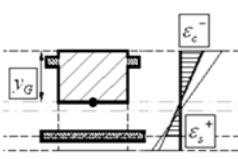
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO
Lámina 31

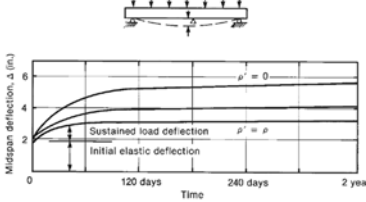
Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Incidencia de la Armadura de Compresión

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.





Wight MacGregor
"Reinforced Concrete Mechanics and Design"

DISPONRIENDO ARMADURA DE COMPRESIÓN, SE PUEDEN DISMINUIR LAS DEFORMACIONES DIFERIDAS.

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO
Lámina 32

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Métodos para controlar las deformaciones

Se utilizan métodos simplificados:

Control indirecto

- **LÍMITE DE LA ESBELTEZ:**
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.

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

Verificación explícita

- **MÉTODO DE BRANSON:**
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.

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

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 33

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Cálculo de Flechas por el Método de Branson

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

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

$$f_o = \alpha \cdot \frac{M \cdot l^2}{E_c \cdot I_e} \quad \text{Deformación Inicial o de Corta Duración}$$

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

f_r = Resistencia a tracción por flexión $f_r = 0.625 \cdot \sqrt{f'_c}$

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- Ej secc rectangular: $b \cdot d^3 / 12$)

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

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 34

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Cálculo de Flechas por el Método de Branson

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:
 $I_{em} = 0.70. I_m + 0.15. (I_{ec1} + I_{ec2})$

Viga empotrada en un apoyo o con continuidad en uno de sus extremos:
 $I_{em} = 0.85. I_m + 0.15. (I_{ec})$

↓

tramo apoyo con continuidad

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 35

Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras – (74.01 / 94.01) HORMIGÓN I

Cálculo de Flecha a Largo Plazo

Conocida la Flecha Inicial o de Corta Duración f_o

Deformación de Largo Duración:


$$f_{\infty} = f_o \cdot (1 + \lambda) \qquad \lambda = \frac{\xi}{1 + 50 \cdot \rho'}$$

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	$\xi = 2.0$	$\Rightarrow f_{\infty} \cong 3 \cdot f_o$ (si no hay armadura de compresión)
12 meses	$\xi = 1.4$	
6 meses	$\xi = 1.2$	
3 meses	$\xi = 1.0$	
1 mes	$\xi = 0.7$	

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO Lámina 36

 Flechas Admisibles s/CIRSOC-ACI				
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>	$\frac{\ell}{180}$ (*)
<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>	$\frac{\ell}{360}$
<input type="checkbox"/>	Cubiertas o entrepisos que <i>soportan o están unidos</i> a elementos no estructurales que puedan 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 (**)	$\frac{\ell}{480}$ (**)
<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)			$\frac{\ell}{240}$ (****)
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO				Lámina 37

		ESTADO LÍMITE DE VIBRACIÓN		
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO				Lámina 38

Razones por las que es necesario controlar las Vibraciones

HABITABILIDAD

CONFORT

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.

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)

Casos típicos de vibraciones:

- 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 39

Cómo controlar las Vibraciones?

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

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

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 40



Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires (FIUBA)
Departamento de Construcciones y Estructuras - (74.01/94.01) HORMIGÓN I

FIN –
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

GRACIAS POR SU ATENCION !!!