

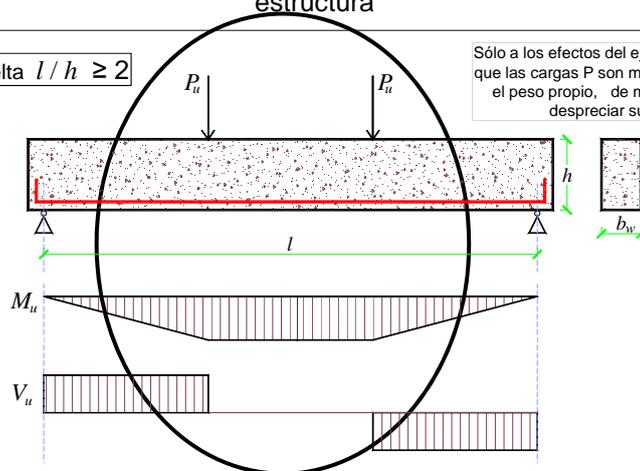


HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO  
 HORMIGÓN-ACERO  
 Esfuerzo axial y flexión**


**HORMIGÓN ARMADO  
 = HORMIGÓN + BARRAS DE ACERO**  
 Se mejora la resistencia a tracción y la ductilidad de la estructura

 Viga esbelta  $l/h \geq 2$ 

 Sólo a los efectos del ejemplo suponemos que las cargas  $P$  son mucho mayores que el peso propio, de manera de poder despreciar su efecto.

**Cómo calculamos la armadura a disponer?**

**DISEÑO BASADO EN ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS**

Con la geometría de la sección y las características de los materiales, se determina

**Resistencia Nominal**  $M_n$   
(capacidad portante)

Multiplicada por el coeficiente de minoración de resistencia, se obtiene

**Resistencia de Diseño**  $M_d = \phi M_n$

Con las cargas mayoradas y conociendo las condiciones de vínculo, se determina

$M_u$  **Resistencia Requerida**

Se debe verificar que  
 $M_d = \phi M_n \geq M_u$

El objetivo de esta clase es analizar el comportamiento mecánico del conjunto hormigón acero frente a flexión y a esfuerzo axil. Se presentarán las hipótesis básicas para determinar la resistencia nominal de una sección.

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión** Lámina 3

Cómo se determina la resistencia nominal?

PLANTEANDO UN MODELO DE ANÁLISIS QUE INTERPRETE EN FORMA SUFICIENTEMENTE APROXIMADA EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO REAL DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO

EN ESTE CURSO VEREMOS MODELOS CONVENCIONALES SUFICIENTEMENTE PROBADOS PARA EL DISEÑO DE SECCIONES DE H°A° USUALES.

EXISTEN OTROS MODELOS EN BASE A TEORÍAS MÁS SOFISTICADAS QUE EN GENERAL UTILIZAN MÁS PARÁMETROS, SON COMPUTACIONALMENTE MÁS CAROS, Y SE UTILIZAN PARA PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN EN CASOS PARTICULARES.

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión** Lámina 4

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

**HIPÓTESIS FUNDAMENTALES USUALMENTE CONSIDERADAS DEL COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO**

**HIP. 1- SE DESPRECIA LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL HORMIGÓN PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE. (o sea, en los ELU)**

**HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES**

**HIP. 3- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL ACERO A TRACCIÓN Y A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA CURVA SIMPLIFICADA TENSIÓN-DEFORMACIÓN**

**HIP. 4- EXISTE ADHERENCIA PERFECTA ENTRE EL HORMIGÓN Y EL ACERO**

**HIP. 5- HIPÓTESIS DE BERNOULLI: SECCIONES PLANAS ANTES DE LA DEFORMACIÓN, PERMANECEN PLANAS LUEGO DE LA DEFORMACIÓN**

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 5

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

RESUMEN DE LAS HIPOTESIS:

$M_n = T_s j_d$  Resistencia Nominal

$M_d = \phi M_n$  Resistencia de Diseño

$M_d = \phi M_n \geq M_u$

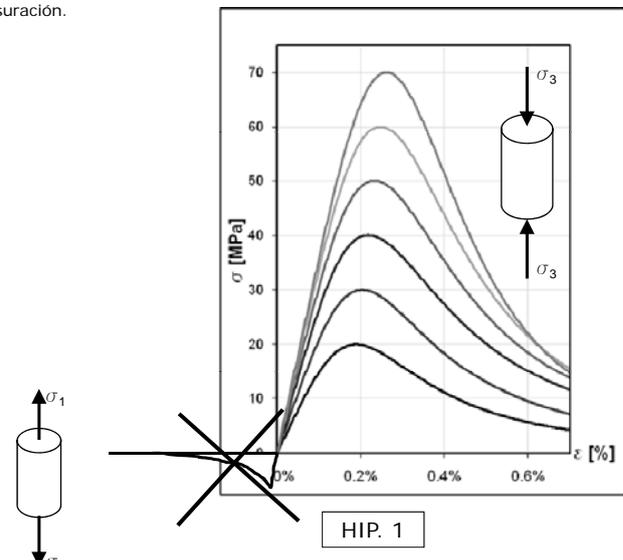
COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 6

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### HIP. 1- SE DESPRECIA LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL HORMIGÓN PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE. (o sea, en los ELU)

La resistencia a tracción, a los efectos de la capacidad portante no tiene una incidencia significativa. Sin embargo, puede tenerla para la determinación de deformaciones y para la evaluación del estado de fisuración.



En ELU, las tracciones son tomadas sólo por la armadura.

**COMPRESIÓN**

**TRACCIÓN**

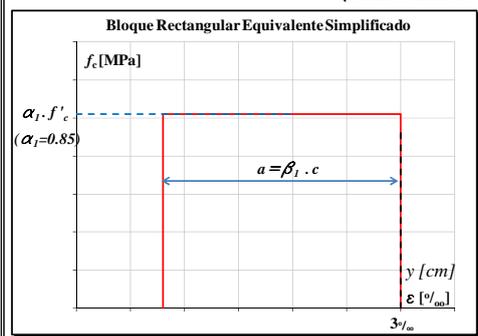
**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión** Lámina 7

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES

SE ADOPTA:  $\epsilon_{cu} = 3^0/_{00}$  DEFORMACIÓN ÚLTIMA DEL HORMIGÓN (O DEFORMACIÓN DE ROTURA)  $\Rightarrow$  ROTURA CONVENCIONAL

**Bloque Rectangular Equivalente Simplificado**



$$\alpha_1 = \begin{cases} = 0.85 & \text{para } f'_c \leq 30 \text{ MPa} \\ = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 30)}{7} & \text{para } 30 \text{ MPa} < f'_c \leq 58 \text{ MPa} \\ = 0.65 & \text{para } f'_c > 58 \text{ MPa} \end{cases}$$

$a = \beta_1 \cdot c$

$c$ : profundidad del eje neutro  
 $y$ : distancia de una fibra al eje neutro

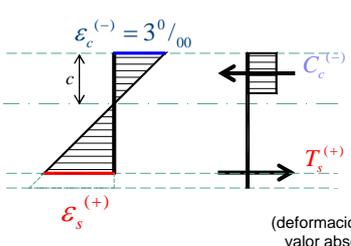
Si se verifica que  $\epsilon_{c(\max)} = \epsilon_{cu} = 3^0/_{00}$

$\Rightarrow$  se adopta un bloque rectangular equivalente de tensiones simplificado

Sólo me interesa la resultante:

$$C_c^{(-)} = \beta_1 c \alpha_1 f'_c b$$

En este caso, no conozco la distribución de tensiones.



(deformaciones en valor absoluto)

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión** Lámina 8

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES

SE ADOPTA:  $\epsilon_{cu} = 3^0/00$  DEFORMACIÓN ÚLTIMA DEL HORMIGÓN (O DEFORMACIÓN DE ROTURA)  $\Rightarrow$  ROTURA CONVENCIONAL

Si se verifica que  $\epsilon_{c(max)} = \epsilon_{cu} = 3^0/00$

$\Rightarrow$  se adopta un bloque rectangular equivalente de tensiones simplificado.

Sólo me interesa la resultante:

$$C_c^{(-)} = \beta_1 c \alpha_1 f_c' b$$

Los coeficientes uniformizan el diagrama completo.

$c$ : profundidad del eje neutro  
 $y$ : distancia de una fibra al eje neutro  
 $a = \beta_1 c$ : altura del bloque rectangular equivalente de tensiones

(deformaciones en valor absoluto)

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión** Lámina 9

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

HIP. 2- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN A COMPRESIÓN: SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES

SE ADOPTA:  $\epsilon_{cu} = 3^0/00$  DEFORMACIÓN ÚLTIMA DEL HORMIGÓN (O DEFORMACIÓN DE ROTURA)  $\Rightarrow$  ROTURA CONVENCIONAL

Si se verifica que  $\epsilon_{c(max)} \neq 3^0/00$

no son válidos los coeficientes simplificados.

Debo:

- adoptar una relación  $\sigma$ - $\epsilon$  para el hormigón en compresión
- calcular los coeficientes de uniformización que correspondan.

Adopto por ejemplo el diagrama parábola-trapecio

$$f_{c(y)} = \begin{cases} = k_3 f_c' \left[ 2 \frac{\epsilon_{c(y)}}{\epsilon_o} - \left( \frac{\epsilon_{c(y)}}{\epsilon_o} \right)^2 \right] & \text{para: } \epsilon_{c(y)} \leq \epsilon_o \\ = k_3 f_c' \left[ 1 - k_o \left( \frac{\epsilon_{c(y)} - \epsilon_o}{\epsilon_o} \right) \right] & \text{para: } \epsilon_{c(y)} > \epsilon_o \end{cases}$$

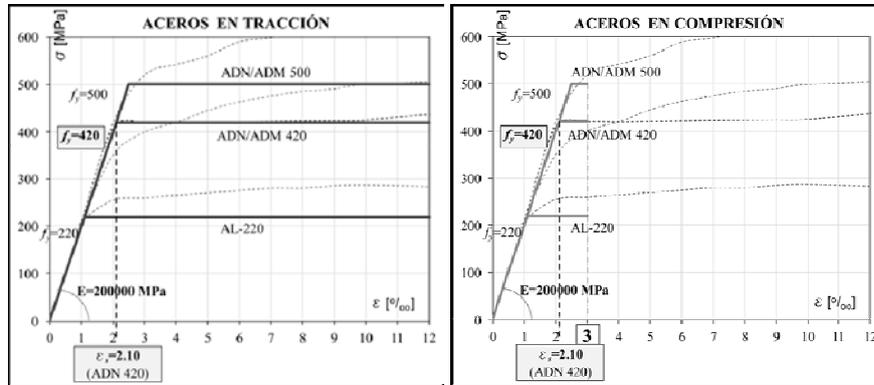
$k_3 \cong 0.85$   
 $k_o \cong 0.15$

(deformaciones en valor absoluto)

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión** Lámina 10



HIP. 3- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL ACERO (TRACCIÓN/COMPRESIÓN): SE ADOPTA UNA RELACIÓN IDEALIZADA ENTRE TENSIONES Y DEFORMACIONES



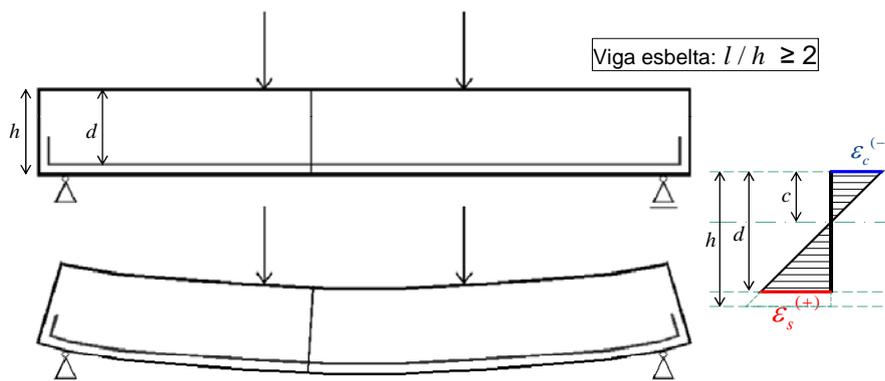
$E_s = 200000 MPa$  Módulo de elasticidad para todos los aceros

$\epsilon_y = 2.1\%$  Deformación de fluencia para un acero ADN 420



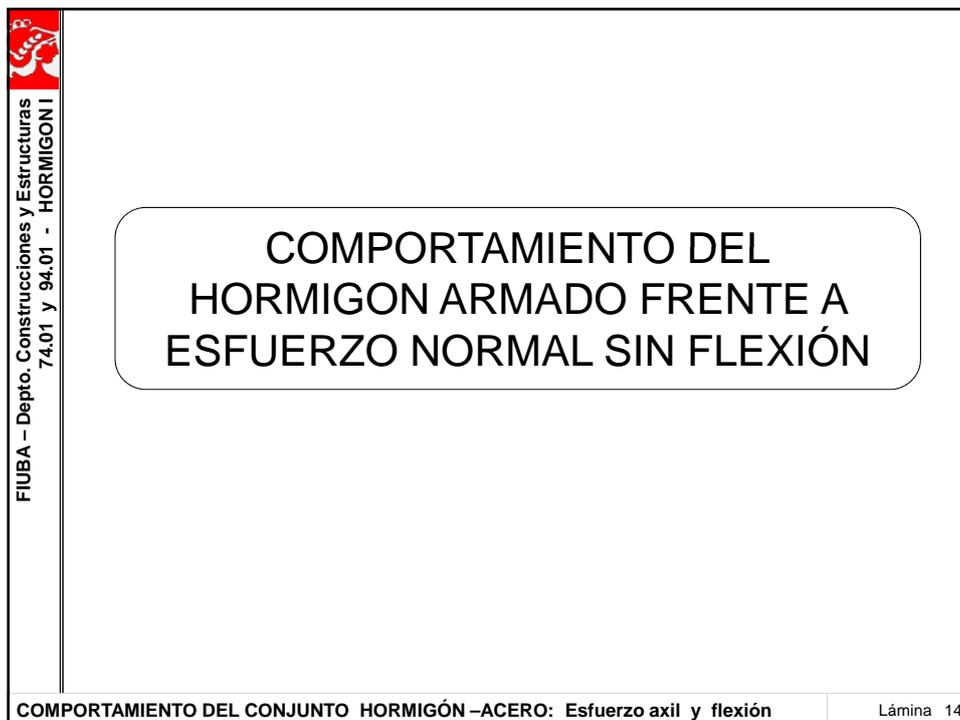
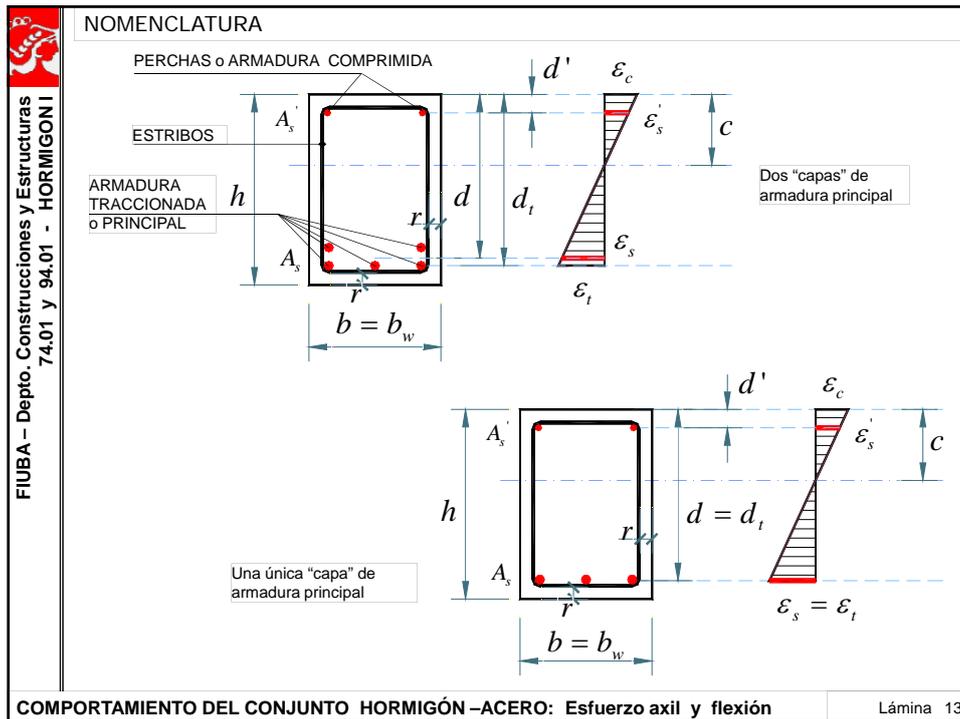
HIP. 4- EXISTE ADHERENCIA PERFECTA ENTRE EL HORMIGÓN Y EL ACERO

HIP. 5- HIPÓTESIS DE BERNOULLI: SECCIONES PLANAS ANTES DE LA DEFORMACIÓN, PERMANECEN PLANAS LUEGO DE LA DEFORMACIÓN



ECUACIÓN DE COMPATIBILIDAD

$$\frac{|\epsilon_c^-|}{c} = \frac{|\epsilon_c^-| + \epsilon_s}{d}$$



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### COMPORTAMIENTO FRENTE A ESFUERZO AXIL

POSITIVO O NEGATIVO

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

$\sigma_c$

$\mu$  (Tensión de adherencia)

ZONA CON  $\epsilon_s = \epsilon_c$

LONGITUD DE TRANSFERENCIA

$dT_s = d\sigma_s \cdot A_s = \mu_{(x)} \cdot u \cdot dx$   
 $A_s$  : Área de acero  
 $u$  = Perímetro de la barra

**Adherencia:** es la unión resistente al resbalamiento entre el acero y el hormigón. Asegura que las barras de acero tengan la misma deformación específica  $\epsilon$  que las fibras vecinas de hormigón

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión**

Lámina 15

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### PARA CARGAS BAJAS

$N = N_s + N_c$  Equilibrio

**Rango Elástico** (bajas sollicitaciones):

$\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s$  ;  $\sigma_c = E_c \cdot \epsilon_c$

$\epsilon_s = \epsilon_c$  ;  $n = \frac{E_s}{E_c}$

$N_s = \sigma_s \cdot A_s = E_s \cdot \epsilon_s \cdot A_s = n \cdot E_c \cdot \epsilon_c \cdot A_s$

$N_c = \sigma_c \cdot A_{cN} = E_c \cdot \epsilon_c \cdot A_{cN} = E_c \cdot \epsilon_c \cdot A_{cN}$

$N = E_c \cdot \epsilon_c \cdot (n \cdot A_s + A_{cN}) = \sigma_c \cdot (n \cdot A_s + A_{cN})$

$\sigma_c = \frac{N}{(n \cdot A_s + A_{cN})} = \frac{N}{A_i}$

$A_s$  = Área total de la sección de acero  
 $A_c$  = Área total de la sección de hormigón  
 $A_{cN} = A_c - A_s$  Área neta de la sección de hormigón

Hormigón en Compresión

Hardening

Softening

ACEROS EN COMPRESIÓN

Hormigón en Tracción

ACEROS EN TRACCIÓN

**BAJAS SOLICITACIONES**  
**N + σ - (RANGO ELÁSTICO)**

CUANDO SE SUPERA EL RANGO ELÁSTICO DEL HORMIGÓN, YA NO ES APLICABLE LA SECCIÓN HOMOGENEIZADA

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión**

Lámina 16

**COMPORTAMIENTO FRENTE A ESFUERZO AXIL DE COMPRESIÓN**

**COLUMNA SOLICITADA A COMPRESIÓN SIMPLE (SIN EXCENTRICIDADES Y SIN POSIBILIDAD DE PANDEAR) - Cómo calculamos la armadura a disponer?**

- Rango elástico (bajas solicitaciones):

$\epsilon_c^- = \epsilon$   
 $\epsilon_{s2} = \epsilon$   
 $\epsilon_{s1} = \epsilon$   
 $C_{s2} = E_s \epsilon A_{s2}$   
 $C_c = E_c \epsilon A_{cN}$   
 $C_{s1} = E_s \epsilon A_{s1}$

- ELU (Estado límite último):  $\Rightarrow \epsilon = \epsilon_{cu} = 3^0/_{00}$

$\epsilon_c = \epsilon = 3^0/_{00}$   
 $\epsilon_{s2} = \epsilon$   
 $\epsilon_{s1} = \epsilon$   
 $C_{s2} = f_y A_{s2}$   
 $C_c = \alpha_1 f_c'' A_{cN}$   
 $C_{s1} = f_y A_{s1}$

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión**

Lámina 17

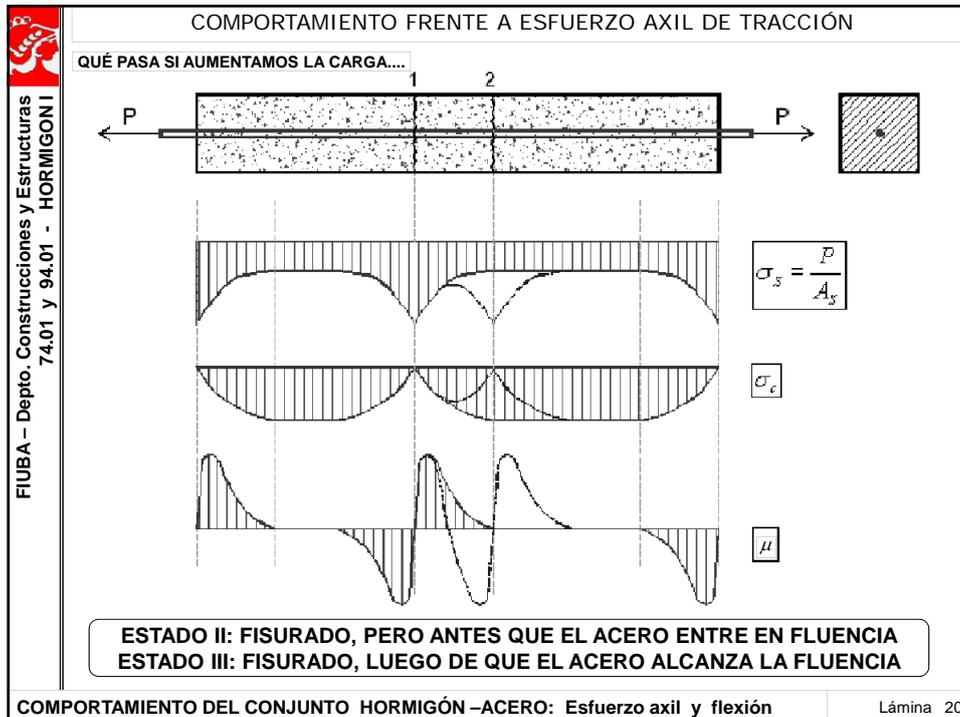
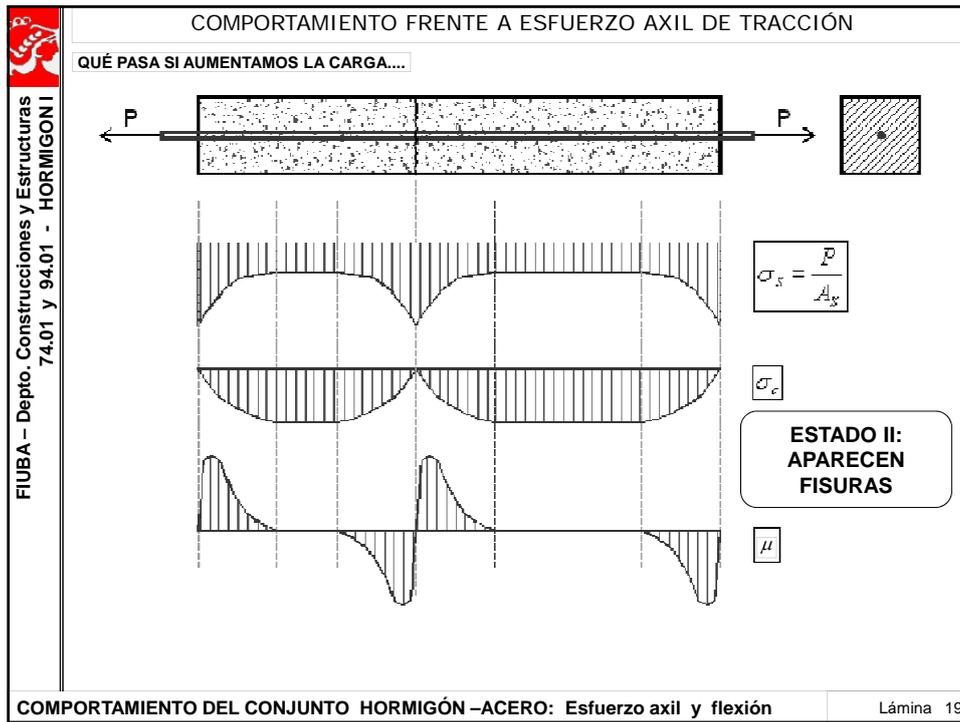
**COMPORTAMIENTO FRENTE A ESFUERZO AXIL DE TRACCIÓN**

QUÉ PASA SI AUMENTAMOS LA CARGA....

$\sigma_s = \frac{P}{A_s}$   
 $\sigma_t$   
**ESTADO I: Sin fisuras**  
 $\mu$

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión**

Lámina 18



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

**COMPORTAMIENTO FRENTE A ESFUERZO AXIL DE TRACCIÓN**

**TENSOR – ESFUERZO AXIL DE TRACCIÓN - Cómo calculamos la armadura a disponer?**

- Rango elástico (bajas solicitaciones):

- ELU (Estado límite último):

⇒  $\epsilon \geq 5^0/_{00} > \epsilon_y$  (ADN 420)

$T_{s2} = E_s \epsilon A_{s2}$

$T_c = E_c \epsilon A_{cN}$

$T_{s1} = E_s \epsilon A_{s1}$

$T_{s2} = f_y A_{s2}$

$T_c = 0$

$T_{s1} = f_y A_{s1}$

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión

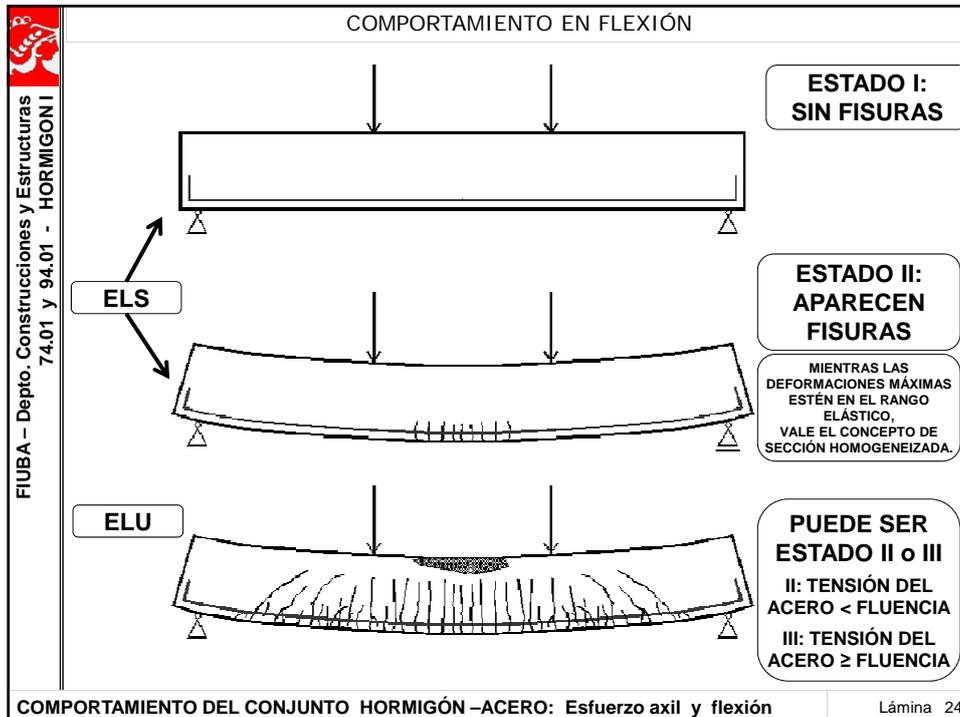
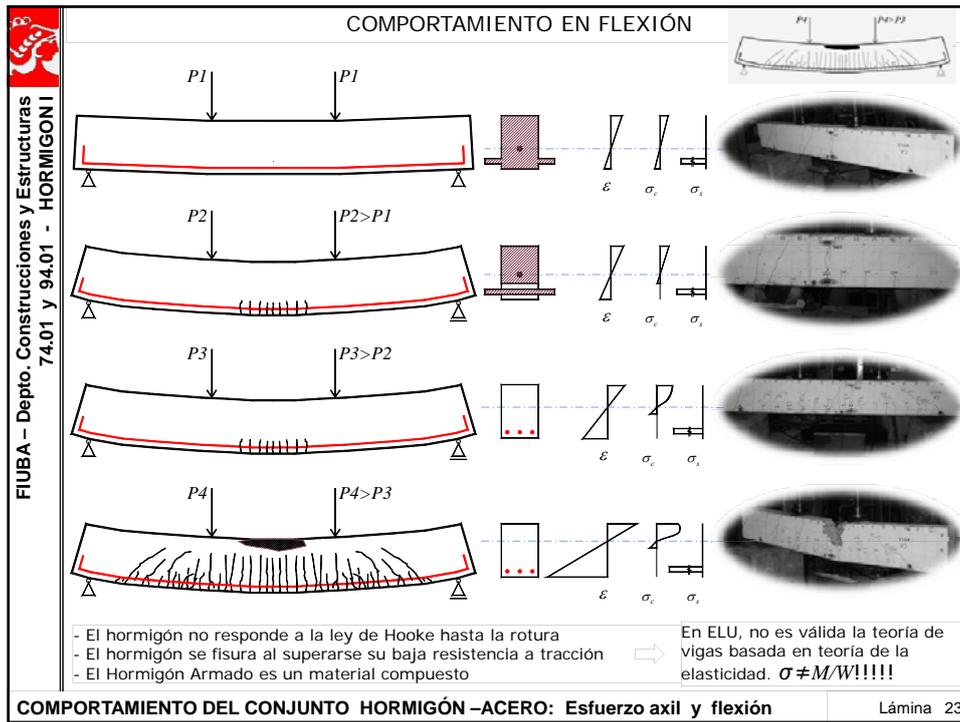
Lámina 21

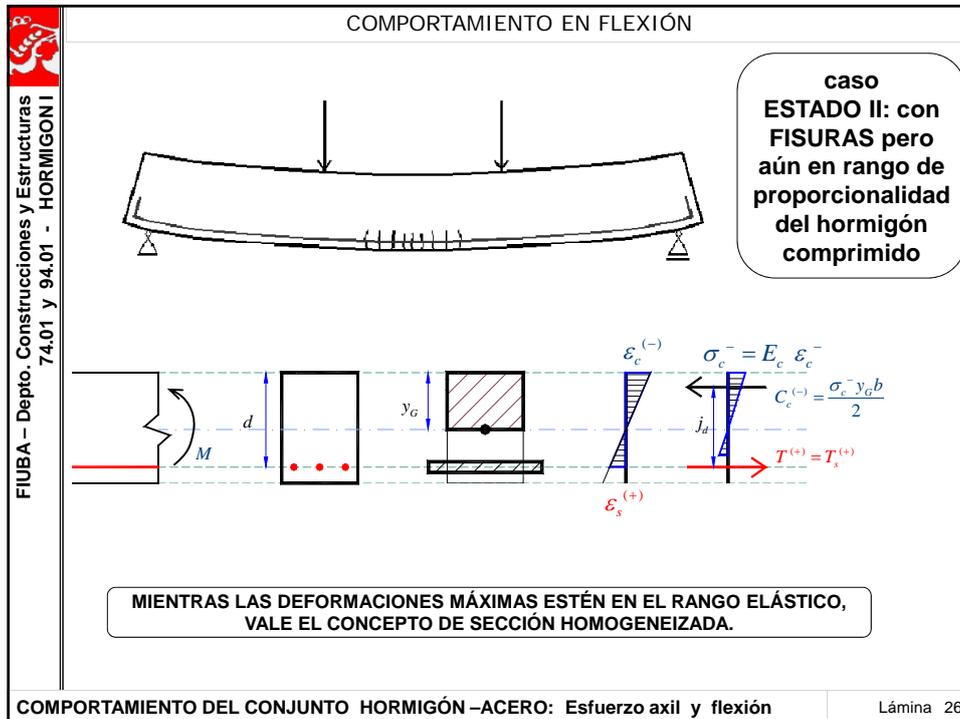
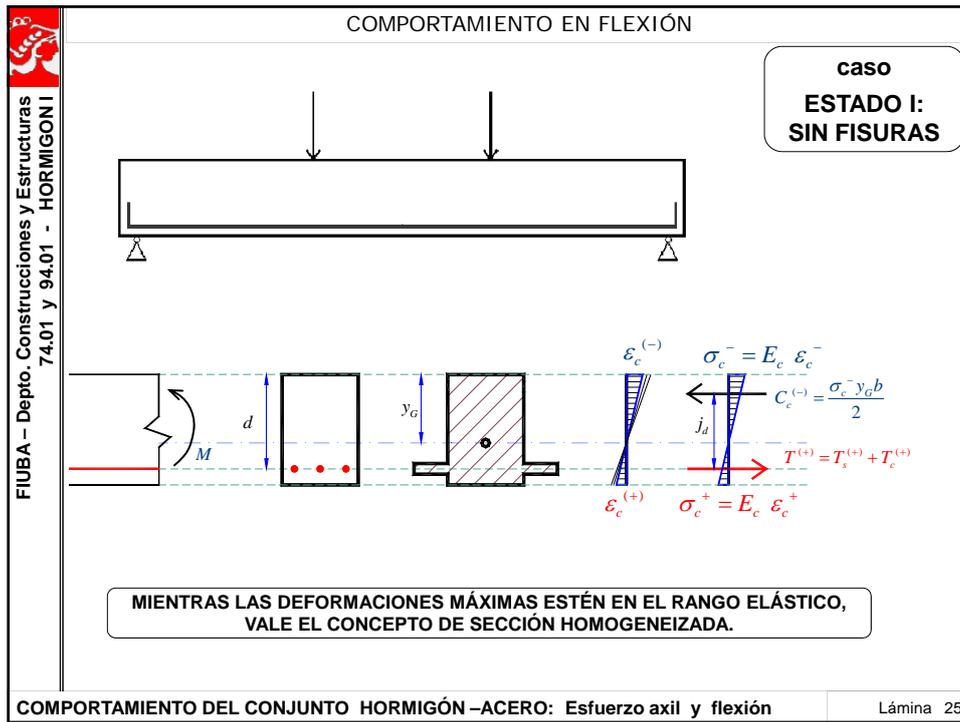
FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

**COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN ARMADO EN FLEXIÓN**

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axil y flexión

Lámina 22





**COMPORTAMIENTO EN FLEXIÓN**

ELU
ESTADO II o III

ELU EN FLEXIÓN  
PUEDE ALCANZARSE DE DISTINTAS FORMAS.....

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión**

Lámina 27

**COMPORTAMIENTO EN FLEXIÓN - ELU**

FIUBA - Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I
FALLA BALANCEADA

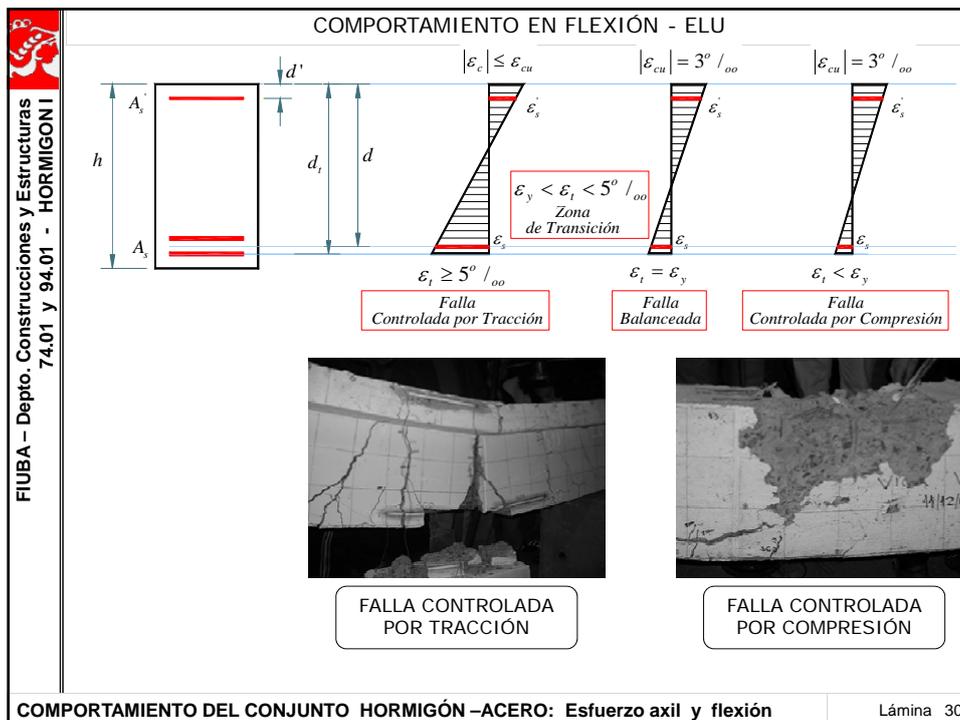
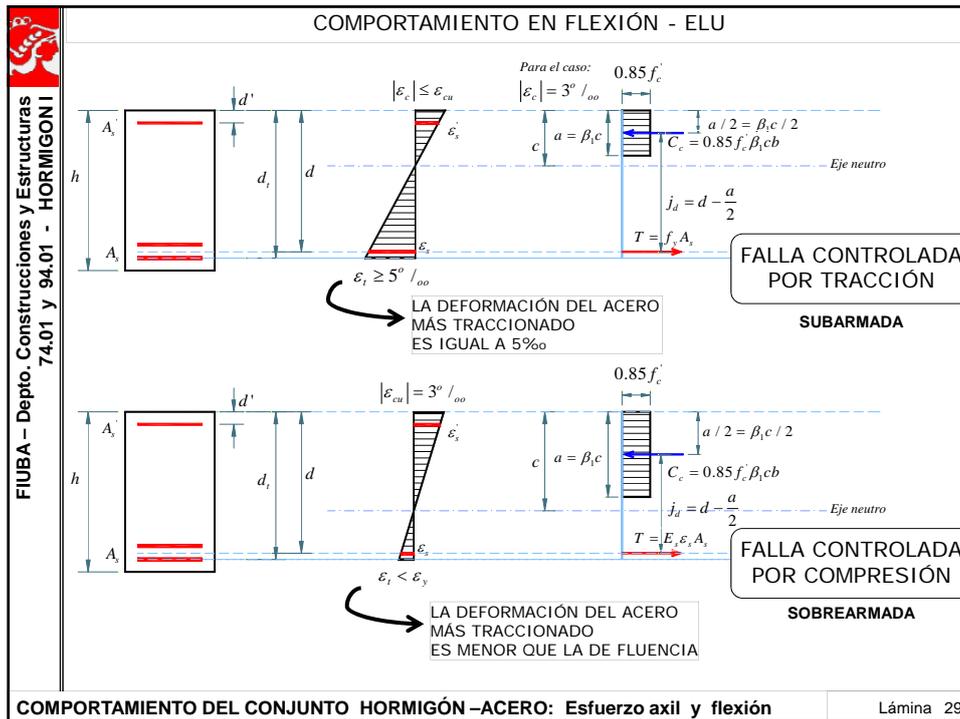
$|\epsilon_{cu}| = 3\text{‰}$   
 $\epsilon_s$   
 $\epsilon_s = \epsilon_y$

$0.85f_c$   
 $a = \beta_1 c$   
 $a/2 = \beta_1 c / 2$   
 $C_c = 0.85 f_c \beta_1 c b$   
 $j_d = d - \frac{a}{2}$  Eje neutro  
 $T = f_s A_s$

LA DEFORMACIÓN DEL ACERO MÁS TRACCIONADO ES IGUAL A LA DE FLUENCIA

**COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión**

Lámina 28



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### COMPORTAMIENTO EN FLEXIÓN - CURVATURA

The diagrams illustrate the relationship between beam curvature and internal stresses. The first diagram shows a beam of length \$dl\$ with a central angle \$d\phi\$ and end angles \$d\phi/2\$. It indicates the neutral axis depth \$c\$, total height \$h\$, and effective depth \$d\$. The second diagram shows the linear strain distribution across the height, with concrete strain \$\epsilon\_c\$ and steel strain \$\epsilon\_s\$. The third diagram shows the resulting stress distribution, with concrete stress \$\epsilon\_c^+ dl\$ and steel stress \$\epsilon\_s^- dl\$.

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

$$d\phi \cong \frac{\Delta}{h} = \frac{(\epsilon_c^+ + |\epsilon_c^-|)}{h} dl$$

$$\epsilon_c^+ = \epsilon_s \frac{h-c}{d-c}$$

$$\chi = \left[ \epsilon_s \frac{h-c}{d-c} + |\epsilon_c^-| \right] \frac{1}{h} \quad \text{Curvatura}$$

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 31

FALLA DE UNA SECCIÓN DE HORMIGÓN, ARMADA DE MANERA TAL QUE LA FALLA SE PRODUCE LUEGO DE LA FLUENCIA DEL ACERO EN TRACCIÓN

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

The diagram plots Moment [KNm] on the y-axis against rotation \$\chi\$ [mm\$^{-1}\$] on the x-axis. The curve starts at point A (fisuración), passes through B (cambio de pendiente), C (carga de servicio), and D (fluencia del acero). The final point E represents the failure state. A callout box indicates 'ROTURA CONTROLADA POR TRACCIÓN'.

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 32

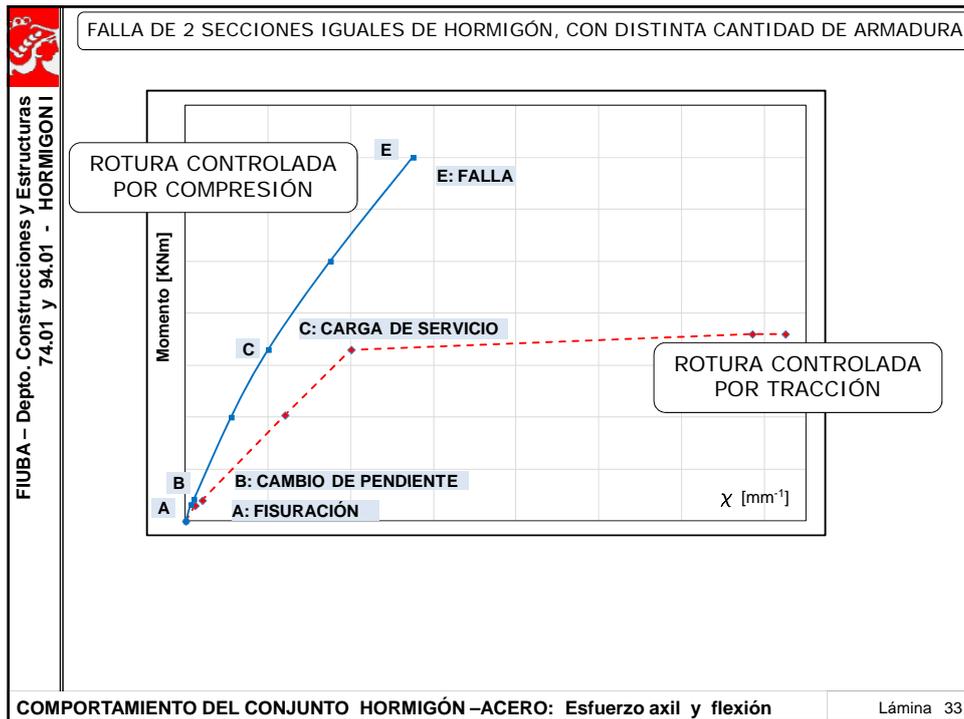


Lámina 33

PLANO DE ROTURA  
ó  
PLANO LÍMITE DE DEFORMACIÓN

ES TODO AQUEL EN EL QUE SE ALCANZA UNA DEFORMACIÓN LÍMITE ÚLTIMA (CONVENCIONAL) EN EL ACERO Y/O EN EL HORMIGÓN.

ACEPTAMOS QUE CUANDO LA SECCIÓN ALCANZA UN PLANO DE ROTURA, SU CAPACIDAD PORTANTE SE AGOTA.

COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO HORMIGÓN-ACERO: Esfuerzo axial y flexión

Lámina 34



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

FIN –  
COMPORTAMIENTO DEL CONJUNTO  
HORMIGÓN-ACERO:  
Esfuerzo axial y flexión

GRACIAS POR SU ATENCION !!!