

# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL  
DIAGRAMA MOMENTO CURVATURA  
PARA VIGAS

## TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

### Ingeniero Civil



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



Guayaquil - Ecuador

2004

## *AGRADECIMIENTO*

Con todo amor y la mayor sinceridad por concluir una etapa de mi vida y con orgullo le doy gracias á:

Dios por darme vida salud, inteligencia, y voluntad para concluir una etapa importante de mi vida.

A mi mamá, Dra. Mercy Quiñonez por estar apoyándome incondicionalmente en sus oraciones y darme comprensión y su amor.

A mi papá, Abg. Víctor Angulo por su confianza, y mi apoyo en momentos difíciles.

A mis Hermanos, Fabricio, Margarita, Danilo, Ximena por estar conmigo.

Al Ingeniero Ottón Lara, por haberme brindado su apoyo intelectual en el desarrollo del presente trabajo.

A mis maestros, por transmitirme sus conocimientos y experiencias de trabajo.

Mis compañeros, por ser solidarios y amigos.

Giovanna, gracias por brindarme tu comprensión y amistad, aún estando lejos me has ayudado con tus palabras de aliento.



BIBLIOTECA FIC.  
ESPOL

## **DEDICATORIA**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

A mi Dios

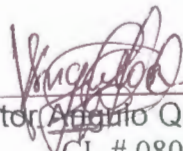
A mis Padres

A mis Hermanos

A Giovanna Rocha

**DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

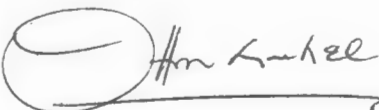


---

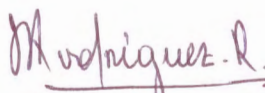
Victor Augusto Quiñonez  
C.I. # 0802029017



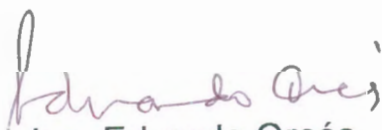
## **Tribunal de graduación**



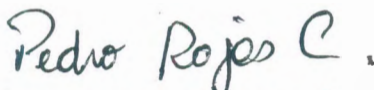
Ing. Otton Lara Montiel  
**Director de Tesis**



Ing. Julio Rodríguez Ríos  
**Sub Decano FICT**



Ing. Eduardo Orcés  
**Vocal Principal**



Ing. Pedro Rojas Cruz, Ph. D.  
**Vocal Principal**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

## **RESUMEN**

La presente tesis intenta ser un paso en la generación de curvas que ayuden a los estudiantes y diseñadores a tener una idea de las ductilidades que se puedan presentar en las estructuras durante un terremoto. Por ello el objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento del diagrama Momento-Curvatura para distintos vigas de concreto armado considerando diferentes propiedades en la sección y la forma que afecta a la ductilidad.

En el primer capítulo de este trabajo se presenta el comportamiento de las curvas esfuerzo-deformación del concreto y el acero, así como el análisis del comportamiento de las curvas esfuerzo deformación para el concreto confinado presentado por Mander en 1994.

La segunda parte consta de las bases teóricas para la obtención de curvas momento-curvatura y un ejemplo que explica la secuencia del cálculo.

En el tercer capítulo se presentan curvas estadísticas de vigas de concreto armado analizando la variación de: la resistencia a la compresión del concreto, el espaciamiento del estribo, la cuantía del refuerzo transversal.

En la cuarta parte se muestran los anexos, en el que constan las curvas momento curvatura y Razón de ductilidad de curvatura para diversos tipos de vigas



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

## INDICE GENERAL

<b>1. Relaciones esfuerzo deformación para el concreto y el acero</b>	
1.1 Relaciones esfuerzo deformación para el concreto	1
1.2 Relaciones esfuerzo deformación para el acero	3
1.3 Modelo de Mander para las curvas esfuerzo deformación	4
<b>2. Momento Curvatura y Ductilidad de Curvatura de vigas</b>	
2.1 Relaciones Momento Curvatura	15
2.2.1 Curvatura de un Miembro	15
2.2.2 Determinación teórica de la relación Momento-Curvatura	16
2.2.3 Descripción general del diagrama Momento – Curvatura	19
<b>3. Resultados</b>	
3.1 Introducción	47
3.2 Curvas comparativas de razón de Ductilidad de Curvatura	48
3.3 Conclusiones	55
3.4 Recomendaciones	57

### Anexos

A Curvas Esfuerzo Deformación para vigas rectangulares de concreto armado	
---	--

B Curvas Momento Curvatura para vigas rectangulares de concreto armado

C Curvas Ductilidad de curvatura para vigas rectangulares de concreto armado

## **Bibliografía**



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

## INDICE DE FIGURAS

<b>Fig. No</b>		<b>Pag.</b>
1.1	Curvas típicas esfuerzo-deformación a compresión para el hormigón para varias resistencias ( Winter y Nielsen 1979).	1
1.2	Curvas típicas esfuerzo-deformación para el refuerzo de acero (Park y Paulay)	2
1.3	Curva modelo para el concreto propuesto por Mander (Reporte de Mark Seyed,1994 ).	4
1.4	Núcleo de concreto confinado efectivamente mediante aros rectangulares.	5
1.5	Esfuerzo confinado vs. Tensión confinada ( Mark Seyed,1994 ).	8
<b>Fig No</b>		<b>Pag</b>
2.1	Deformación de un miembro a flexión	16
2.2	Descripción de la curva momento-curvatura de una sección	20



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**



## SIMBOLOGÍA

Descripción	Notación
Sección bruta	Ag
Acero longitudinal	Ast
Acero transversal	Asp
Area transversal de extremo a extremo de varilla	Ash
Area transversal medida desde los extremos de acero-transversal	Ach
Area del nucleo de concreto excluyendo las barras lonitudinales	Acc
Area del nucleo de concreto de centro a centro de confinamiento	Ac
Area de concreto confinado efectivamente	Ae
Carga última de la columna cargada axialmente	Po
Carga última de la columna después del desprendimiento de h.	Pu
Coefficiente para medir el efectivo confinamiento	Ke
Corresponde a la fuerza resulante del concreto	Cc
Corresponde a la fuerza resultante del acero a tensión	Cs
Curvatura, a la primeracedencia del acero	$\phi_y$
Curvatura ultima	$\phi_u$
Cuantía del acero de tensión	$\rho'$
Cuantía del acero de compresión	$\rho$
Deformación última del concreto	$\epsilon_{cu}$
Deformación el la cedencia del acero	$\epsilon_y$
Dimención de los centros de los aceros de confinamiento	dc
Deformación del concreto para el esfuerzo de compresión f'cc	$\epsilon'_{cc}$
Deformación del concreto para el esfuerzo de compresión f'co	$\epsilon'_{co}$
Deformación última del concreto	$\epsilon'_{cu}$
D eformación máxima del acero	$\epsilon'_{su}$
Diámetro de varilla transversal	db
Deformación del acero transversal	$\epsilon_{sh}$
Esfuerzo de compresión para el concreto confinado	f'cc
Factor del eswfuerzo medio	$\alpha$
Factor del centroide para cualquier deformación	$\gamma$
Factor de reducción de resistencia	fi
Fluencia del acero	
Módulo secante de elasticidad de concreto	Esec
Módulo de elasticidad del concreto	Ec
Módulo de elasticidad del acero	Es
Núcleo de concreto confinado inefectivamente	Ai
Longitud a la rotula plásctica	lp
Longitud de la viga	l



**BIBLIOTECA FIC  
ESPOL**

Presión efectiva de confinamiento en el concreto por el acero	$f_l$
Parámetro para la ecuación de Mander	$X_m$
Parámetro para la ecuación de Mander	$R_m$
Razón de ductilidad de curvatura	$\varphi_u/\varphi_y$
Radio volumétrico de la sección transversal	$r_{x,y}$
Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo	$f_y$
Resistencia a la fluencia del acero transversal	$f_{yh}$
Recubrimiento de hormigón para los aceros	$R$
Rotación plástica	$\theta$
Separación de armaduras	$s$



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

## INTRODUCCIÓN

Un buen diseño sismorresistente, requiere un conocimiento profundo del comportamiento de las estructuras ante las cargas sísmicas.

Siendo el Ecuador un país con zonas de alto riesgo sísmico y en especial, la costa, ubicada en la zona de subducción de la placa de Nazca, tiene gran importancia para el análisis de las estructuras aplicar los criterios de ductilidad de curvatura de los elementos, pues de esta forma se logrará conseguir diseños económicos con buen comportamiento ante los sismos.

Programas de computación existentes actualmente, permiten calcular rápidamente las curvas Momento-Curvatura para elementos de sección transversal y refuerzo conocido, siendo importantes herramientas para la incorporación de criterios de ductilidad en los análisis. Un ejemplo de ellos es el programa USC\_RC desarrollado por la Universidad del Sur de California, utilizado en este trabajo.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



## COMPORTAMIENTO ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL CONCRETO Y DEL ACERO

### 1.1 Relaciones esfuerzo-deformación para el concreto

El comportamiento de una estructura bajo carga, está ligado al equilibrio entre fuerzas internas y externas, a la compatibilidad de deformaciones (en el rango elástico) y a la relación esfuerzo - deformación del material del que está compuesta. Como se sabe, la principal característica del hormigón es su resistencia a la compresión, y por ende su curva esfuerzo - deformación a compresión es de fundamental interés<sup>1</sup>.

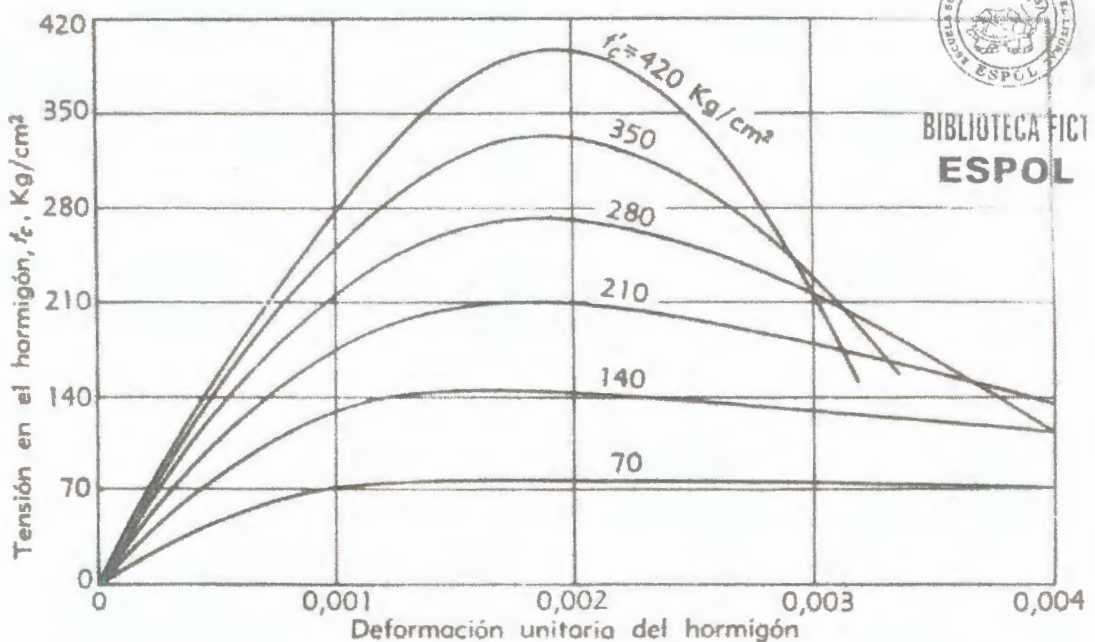


Fig. 1.1 Curvas típicas esfuerzo-deformación a compresión para el hormigón para varias resistencias. (Winter y Nielsen 1979)

Las figura 1.1 muestra las curvas típicas esfuerzo –deformación del concreto para distintas resistencias del concreto con las siguientes características:

- Una porción inicial relativamente recta, en donde el esfuerzo y la deformación son casi exactamente proporcionales (Módulo de elasticidad).
- La segunda porción, donde comienza a curvarse hasta alcanzar el esfuerzo máximo a compresión.
- Después de llegar al punto máximo de esfuerzo de compresión comienza a decrecer hasta la falla, que usualmente se presenta cuando la deformación unitaria alcanza el valor de 0.003 (ACI 318-99 RB.9.3), en los que el concreto se agrieta. Sin embargo como se verá más adelante este valor varía en función de otros parámetros como el confinamiento.
- Adicionalmente se puede observar que los hormigones con menor resistencia, muestran una mayor deformación unitaria que los hormigones de resistencia elevada.



**BIBLIOTECA FICT**  
**ESPOL**

## 1.2 RELACIONES ESFUERZO DEFORMACIÓN PARA EL ACERO

La figura 1.2 muestra las curvas características de esfuerzo-deformación para una muestra de acero cargada a tensión o en compresión axial hasta la falla, en una sola aplicación de carga. La curva muestra una porción inicial elástica lineal, luego una plataforma de cedencia, es decir una zona en la que la deformación aumenta con poco incremento de esfuerzo, una región de endurecimiento por deformación, y finalmente una zona en la que el esfuerzo decrece hasta llegar a la falla<sup>2</sup>.

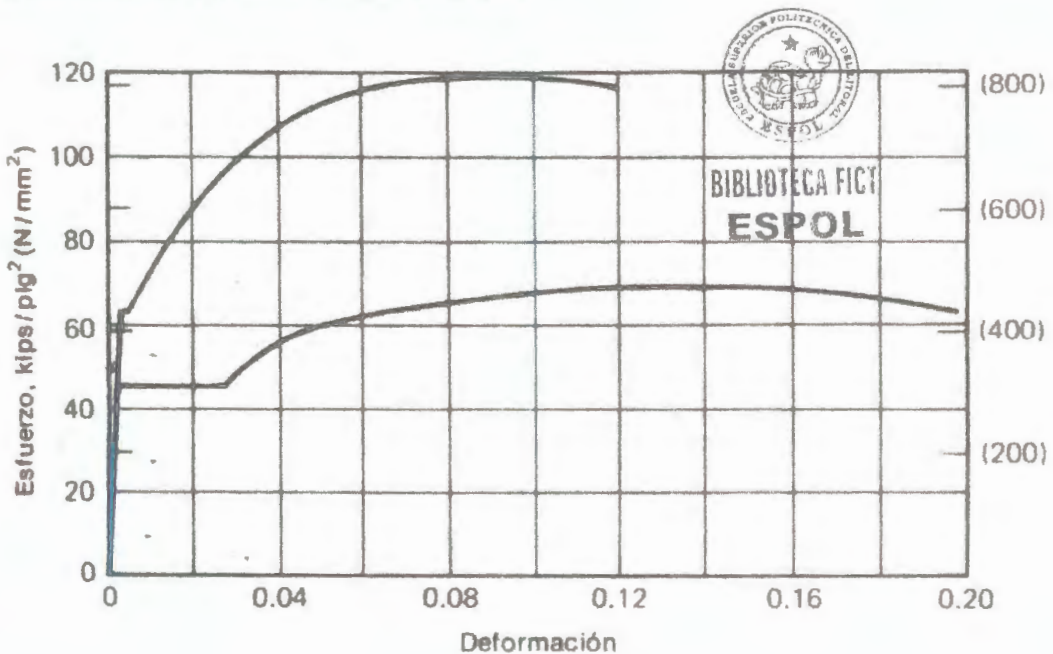


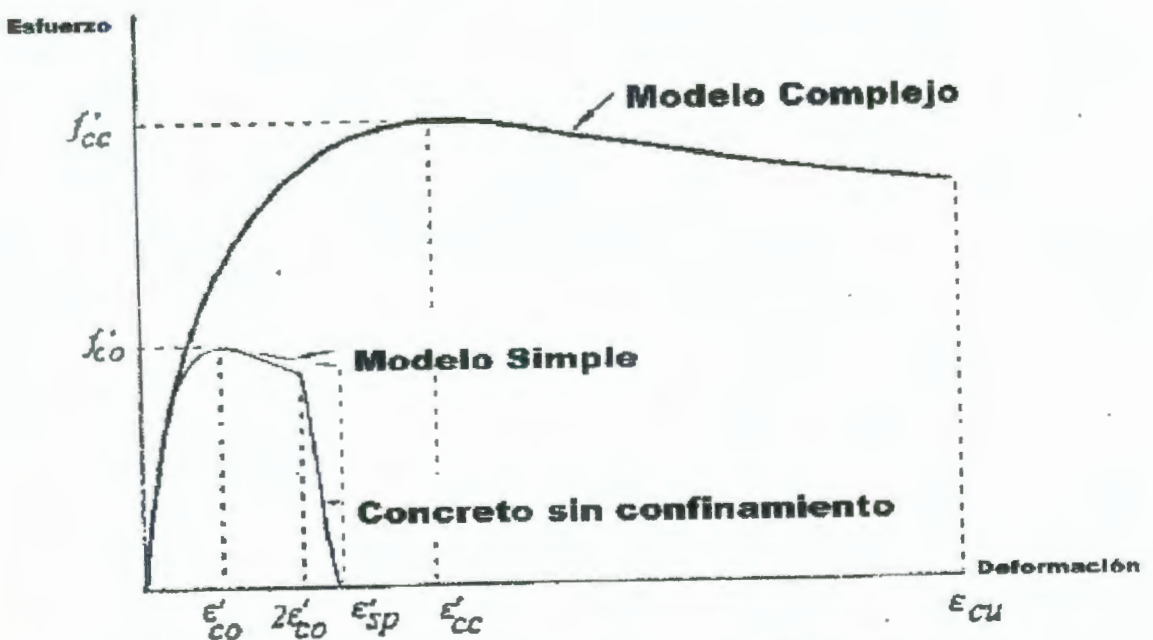
Fig. 1.2 Curvas típicas esfuerzo deformación para el refuerzo de acero (Park y Paulay)

Es necesario evaluar el esfuerzo del acero a deformaciones mayores que las de cedencia y así poder calcular con mayor exactitud la resistencia de los miembros bajo estas deformaciones. Esto es

especialmente cierto en el diseño sísmico, en que los requerimientos de ductilidad pueden implicar la posibilidad de alcanzar deformaciones generalmente más grandes que la deformación de cedencia<sup>3</sup>.

### 1.3 Efecto del confinamiento del concreto propuesto por Mander

El efecto del confinamiento incrementa el esfuerzo de compresión y la deformación última del concreto. Se han desarrollado muchas curvas esfuerzo deformación para concreto confinado. El modelo más reciente, aplicable para todas las secciones y niveles de confinamiento es el propuesto por Mander [Abril 14.1994], el cual se muestra a continuación en la figura 1.3.

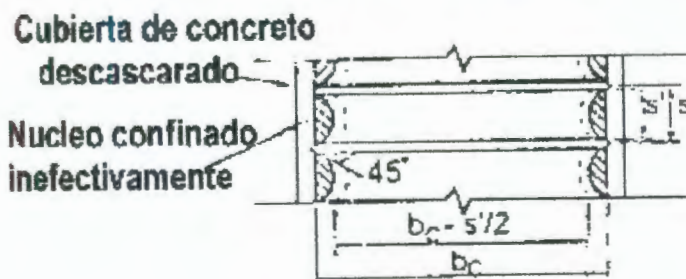
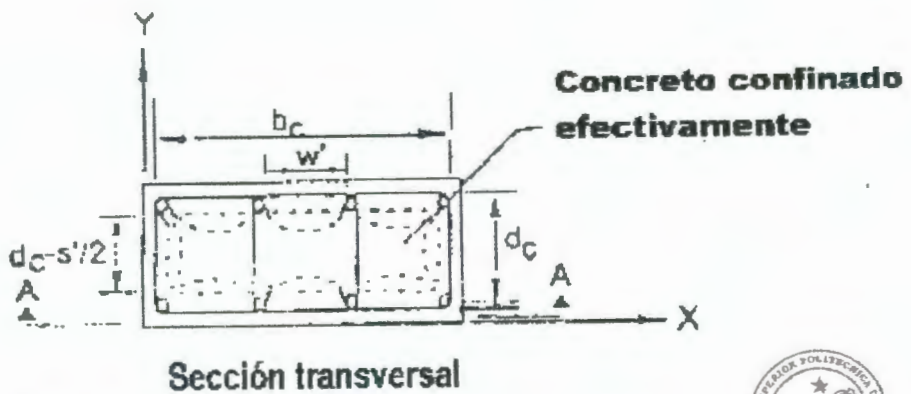


Curvas esfuerzo-deformación para el concreto con diferentes modelos

Figura 1.3 Curva Modelo para el concreto (Reporte de Mark Seyed,1994 )



La forma en que se confina un elemento de concreto armado, sean estos aros rectangulares o espirales hacen que las curvas esfuerzo – deformación difieran en su deformación última. Si se usan estribos cuadrados en la viga, el concreto queda confinado a lo largo de las diagonales del estribo y como resultado, la pendiente de la rama descendente se reduce si se incrementan las cantidades de refuerzo de confinamiento<sup>4</sup>. La Fig.1.4 muestra el efecto del confinamiento.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

### Núcleo de concreto confinado efectivamente mediante aros rectangulares

Figura 1. 4 Mark Sayed, 1994

El área de concreto confinada ineffectivamente puede ser calculada como, [Park y Paulay, 1975]

$$A_i = \sum_{i=1}^n (w_i)^2 * \frac{1}{6} \quad [Mander,1988] \quad (1.1)$$

Donde  $w_i$  es la distancia adyacente entre las barras longitudinales con los ganchos de uniones transversales.

Incorporando el efecto de encurvamiento en la dirección vertical, el núcleo de concreto confinado efectivamente en medio de los ganchos será:

$$A_e = \left( b_c d_c - \sum_{i=1}^n \frac{(w_i)^2}{6} \right) \left( 1 - \frac{s'}{2b_c} \right) \left( 1 - \frac{s'}{2d_c} \right) \quad [Mander,1988] \quad (1.2)$$

Así

$$k_e = \frac{A_e}{A_{cc}} \quad [Mander,1988] \quad (1.3)$$

Donde  $b_c$  y  $d_c$  son las dimensiones entre las líneas centrales del perímetro de arco en las direcciones X y Y respectivamente. Generalmente, alrededor de los enlaces o ganchos en las

direcciones X y Y pueden no ser las mismas. Ellas se pueden cuantificar como:

$$\rho_x = \frac{A_{sx}}{sd_c} \quad [Mander,1988] \quad (1.4)$$

$$\rho_y = \frac{A_{sy}}{sh_c} \quad [Mander,1988] \quad (1.5)$$

Donde  $A_{sx}$  y  $A_{sy}$  son las áreas de los estribos o ganchos corriendo en las direcciones X y Y respectivamente.

El esfuerzo de confinamiento lateral en el concreto en las direcciones X y Y se las puede calcular como sigue.

$$f_{lx} = \frac{A_{sx}}{sd_c} * f_{yh} = \rho_x f_{yh} \quad [Mander,1988] \quad (1.6)$$

$$f_{ly} = \frac{A_{sy}}{sh_c} * f_{yh} = \rho_y f_{yh} \quad [Mander,1988] \quad (1.7)$$

Y las tensiones efectivas de confinamiento son:

$$f'_{lx} = k_e f_{lx} \quad [Mander,1988] \quad (1.8)$$

$$f'_{ly} = k_e f_{ly} \quad [Mander,1988] \quad (1.9)$$

La resistencia a la compresión del concreto confinado  $f'_{cc}$ , se puede determinar usando la figura 1.5, el cual es la solución general del criterio de falla multiaxial en términos de los dos esfuerzos de confinamiento lateral.

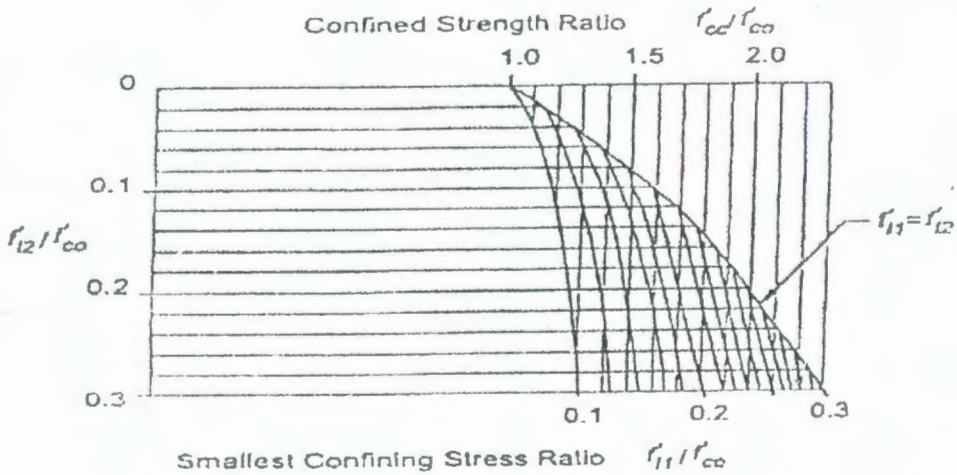


Figura 1.5 Esfuerzo confinado Vs Tensión confinada ( Mark Sayed, 1994)

El valor de  $f'_{cc}$  será determinado por las siguientes ecuaciones usadas para relacionar el esfuerzo - deformación del concreto confinado, estando estas unidades en kg/cm<sup>2</sup>. Del trabajo de [Mander,1988], se obtiene:

$$f'_{cc} = f'_c \left( 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f'_l}{f'_c}} - 2 \frac{f'_l}{f'_c} - 1.254 \right)$$

$$\varepsilon'_{cc} = \left[ 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_{co}} - 1 \right) + 1 \right] * \varepsilon'_{co}$$

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_{cc}}$$

$$E_c = 15100 * \sqrt{f'_{co}}$$

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon'_{cc}}$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4 \rho_s f_{yh} \varepsilon_{su}}{f'_{cc}}$$

$$f_c = \frac{f'_{cc} x r}{r - 1 + x r}$$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



## Ejemplo

Una viga de concreto armado tiene una sección transversal rectangular de 38cm de ancho y 74 cm de peralte total. El acero a tensión y a compresión son las mismas, 7 varillas de diámetro 28mm colocadas con un recubrimiento de 5cm. El concreto tiene una resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup>, el acero tiene una fluencia de 4200kg/cm<sup>2</sup>. Calcular la curva esfuerzo-deformación propuesta por Mander.

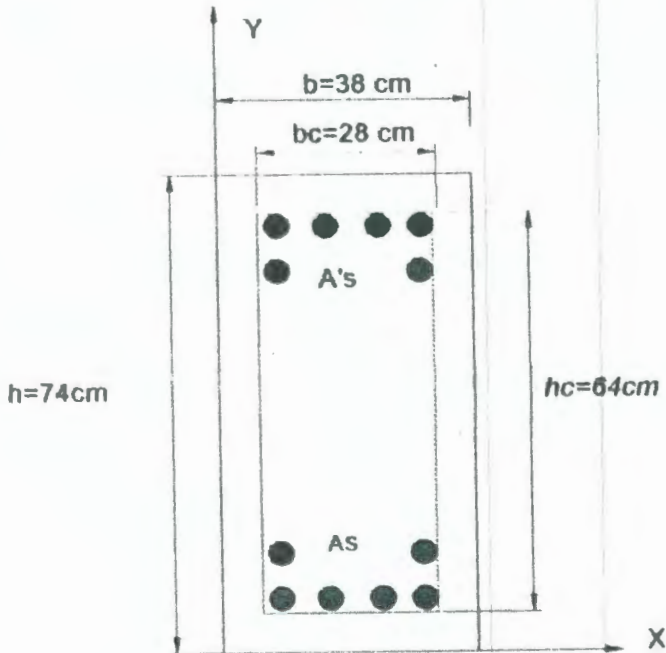


Fig. A Sección típica para analizar los parámetros de Mander

$$A_s = A'_s = 36.95 \text{ cm}^2$$

$$6\phi 28 \text{ mm}$$

ACI 318-99 art. 8.5.2

$$E_c = 15100 \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 15100 \sqrt{350}$$

$$E_c = 282495.13 \text{ kg/cm}^2$$

### Cálculo de las secciones transversales del elemento rectangular

$$A_g = 74\text{cm} * 38\text{cm}$$

$$A_g = 2812\text{cm}^2$$

$$\rho = 1.82\% - 2$$

### Cálculo del acero transversal de acero (ACI 318-95, 11.5.5.3)

$$A_v = 3.5 \frac{b_w * s}{f_y}$$

$$A_v = 0.3167\text{cm}^2$$

Para efectos de cálculo se va a tomar un diámetro comercial de 10mm.

### Esfuerzo lateral de confinamiento

Se toma un valor de  $K_e = 0.75$  que es un valor recomendado para secciones rectangulares [Prestley, 1995].

$$f_{ly} = \frac{A_s y}{s b_c} f_{vh}$$

$$f_{ly} = \frac{2 * 0.79}{10 * 26} * 4200$$

$$f_{ly} = 25.52 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{lx} = \frac{A_s x}{s d} f_{vh}$$

$$f_{lx} = \frac{2 * 0.79}{10 * 62} * 4200$$

$$f_{lx} = 10.70 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

## Esfuerzo efectivo de confinamiento lateral

$$f'l_y = k_e f_l y$$

$$f'l_y = 0.75 * 25.52$$

$$f_l y = 19.14 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'l_x = k_e f_l x$$

$$f'l_x = 0.75 * 10.7$$

$$f'l_x = 8.05 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'l = \sqrt{f'l_x + f'l_y}$$

$$f'l = \sqrt{19.14^2 + 8.05^2}$$

$$f'l = 20.76 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

## Cálculo del esfuerzo máximo de compresión del concreto confinado $f'_{cc}$

$$f'_{cc} = f'_c \left( 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f'l}{f'_c}} - 2 \frac{f'l}{f'_c} - 1.254 \right)$$

$$f'_{cc} = 350 * \left( 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{20.76}{350}} - 2 \frac{20.76}{350} - 1.254 \right)$$

$$f'_{cc} = 476.37 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

## Deformación unitaria para $f'_{cc}$

$$\epsilon_{cc} = 0.002 \left[ 1 + 5 * \left( \frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right]$$

$$\epsilon_{cc} = 0.002 \left[ 1 + 5 * \left( \frac{476.37}{350} - 1 \right) \right]$$

$$\epsilon_{cc} = 5.61E-3$$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

## Deformación unitaria del concreto confinado

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + 1.4 \frac{\rho_s f_{yh} \varepsilon_{su}}{f'_{cc}}$$

$$\varepsilon_{su} = 0.004 + 1.4 \frac{7.935E-3 * 4200 * 0.12}{476.36}$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.01575$$

## Parámetros que definen la curva

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}$$

$$x = \frac{\varepsilon_c}{5.61E-3}$$

$$x = 178.24\varepsilon_c$$

## Recta secante a la curva

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}}$$

$$E_{sec} = \frac{476.36}{5.61E-3}$$

$$E_{sec} = 84907.511 \frac{kg}{cm}$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}$$

$$r = \frac{282495.13}{282495.13 - 84907.51}$$

$$r = 1.429$$

## Ecuación para definir la curva de Mander

$$f_c = \frac{f'_{cc} x r}{r - 1 + x^r}$$

$$f_c = \frac{476.36 * 178.24\varepsilon_c * 1.43}{1.43 - 1 + (178.24\varepsilon_c)^{1.43}}$$

$$f_c = \frac{121252.67\varepsilon_c}{0.43 + (178.24\varepsilon_c)^{1.43}}$$

Resumen de valores correspondientes a distintas deformaciones

Deformación (cm/cm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0,001	235,49
0,0015	312,72
0,003	433,83
0,0035	451,85
0,004	463,53
0,0045	470,62
0,007	471,00
0,0075	467,72
0,008	463,96
0,0085	459,88
0,009	455,57
0,0095	451,13
0,01	446,61
0,0115	432,98
0,013	419,76
0,0145	407,25
0,016	395,54

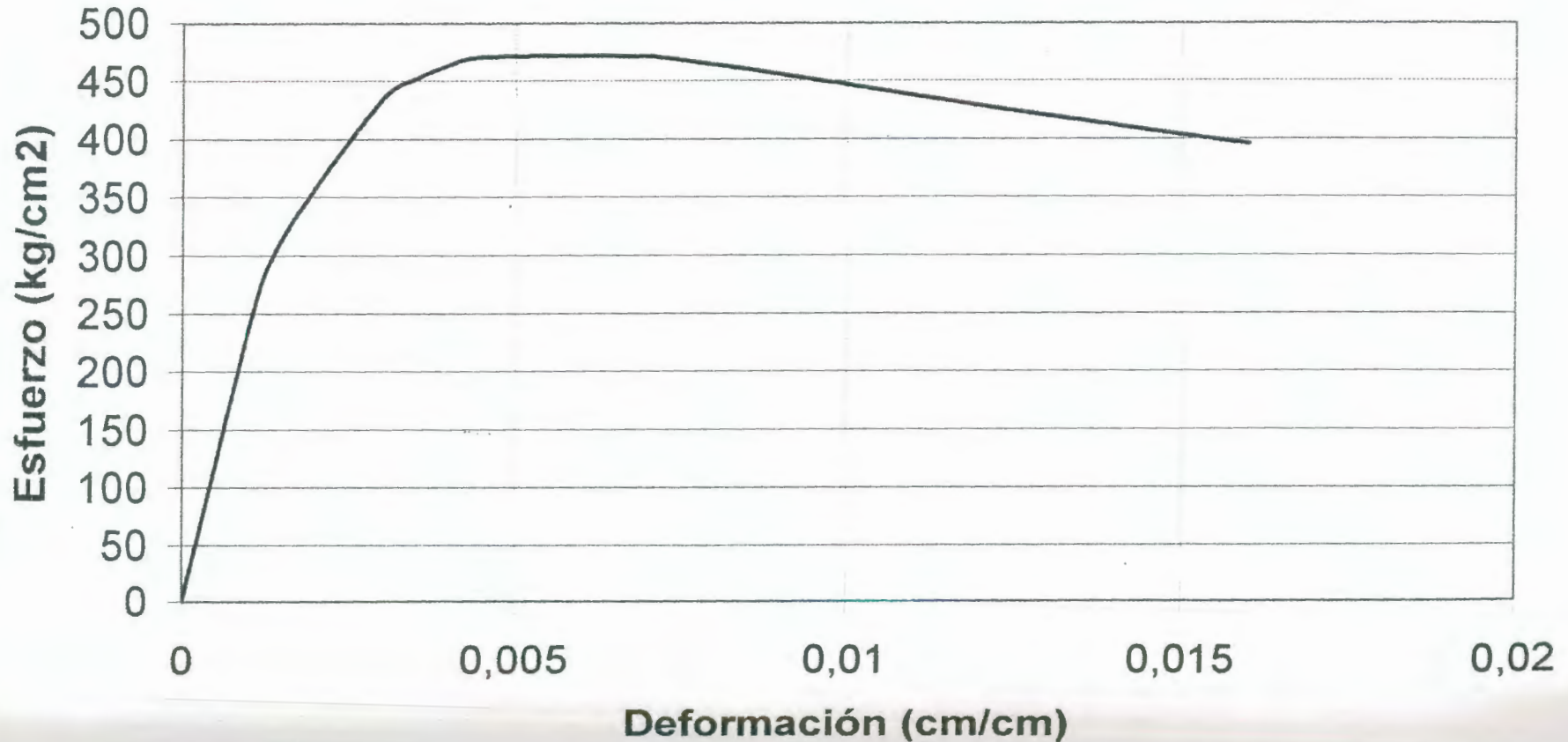


BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



# Curva Esfuerzo-Deformación

$f'_c = 41,4 \text{ Mpa}$   $f_y = 414 \text{ Mpa}$   $A_s = A'_s = 6 \text{ } 28 \text{ mm}$   
 $b = 380 \text{ mm}$   $h = 740 \text{ mm}$  Est. 10mm c/ 100



## 2

### MOMENTO CURVATURA Y DUCTILIDAD DE CURVATURA DE VIGAS

#### 2.1 Relaciones Momento-Curvatura

##### 2.1.1 Curvatura de un miembro

La figura 2.1 muestra un elemento inicialmente recto de un miembro de concreto reforzado con momentos de extremos y fuerzas axiales iguales. El radio de curvatura  $R$ , la profundidad del eje neutro  $kd$ , la deformación del concreto en la fibra extrema a compresión  $\epsilon_c$  y la deformación del acero a tensión  $\epsilon_s$  varían a lo largo del miembro debido a que entre las grietas el concreto toma cierta tensión.

Considerando un diferencial del elemento de longitud  $dx$  se producen las siguientes relaciones<sup>5</sup>.

$$\frac{dx}{R} = \frac{\epsilon_c dx}{kd} = \frac{\epsilon_s dx}{d(1-k)}$$
$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{\epsilon_c}{kd} = \frac{\epsilon_s}{d(1-k)} \quad [Park, 1975] \quad 2.1$$

Siendo que  $1/R$  es la curvatura en el elemento, que se representa por  $\phi$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

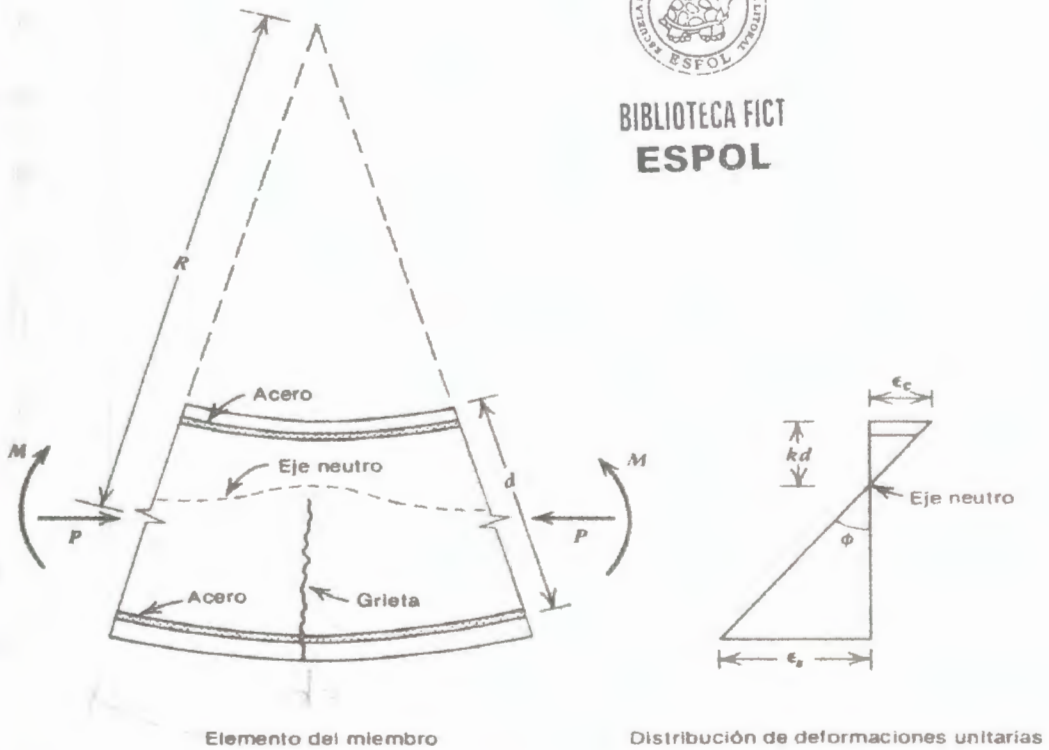


Figura 2.1 Deformación de un miembro a flexión (Park y Paulay )

## 2.1.2 Determinación teórica de la relación momento curvatura

Se puede deducir curvas teóricas momento-curvatura para secciones de concreto armado sujetas a flexión y carga axial, en base a suposiciones, como que las secciones planas antes de la flexión permanecen planas después de la flexión, es necesario conocer las curvas esfuerzo deformación para el concreto y el acero. Con toda esa información utilizando ecuaciones de compatibilidad de deformación y equilibrio de las fuerzas se logran calcular las curvas momento-curvatura.



A continuación se presentan las ecuaciones para determinar la relación teórica momento curvatura y se resumen sus pasos [Park y Paulay, 1975]:

1.- Para determinar la deformación del concreto en la fibra extrema de compresión  $\epsilon_{cm}$  a una profundidad  $kd$  del eje neutro.

$$\epsilon_{si} = \epsilon_{cm} \frac{kd - d_i}{kd} \quad (2.2)$$

2.- Para determinar los esfuerzos correspondientes a deformaciones a partir de la curva esfuerzo deformación para el acero se puede encontrar las fuerzas  $S$

$$S_i = f_{si} A_{si} \quad (2.3)$$

3.- A partir de la curva esfuerzo deformación del concreto, se puede encontrar la distribución de fuerzas en la parte comprimida y para cualquier deformación del concreto  $\epsilon_{cm}$ . Se define la fuerza de compresión del concreto como sigue:

$$C_c = \alpha f'_c bkd \quad (2.4)$$

$\alpha$  = Factor del esfuerzo medio

$\gamma$  = Factor del centroide para cualquier deformación

Y esta fuerza actúa a  $\gamma kd$  de la fibra extrema a compresión.

$$\text{Área} = \int_0^{\epsilon_{cm}} f_c * d\epsilon_c = \alpha f''_c \epsilon_{cm}$$

$$\alpha = \frac{\int_0^{\epsilon_{cm}} f_c * d\epsilon_c}{f''_c \epsilon_{cm}} \quad (2.5)$$

El primer momento alrededor del origen del área bajo la curva esfuerzo deformación.

$$\int_0^{\epsilon_{cm}} f_c \epsilon_{cm} * d\epsilon_c = (1 - \gamma) \epsilon_{cm} \int_0^{\epsilon_{cm}} f_c * d\epsilon_c$$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

$$\gamma = 1 - \frac{\int_0^{\epsilon_{cm}} \epsilon_c f_c * d\epsilon_c}{\epsilon_{cm} \int_0^{\epsilon_{cm}} f_c * d\epsilon_c} \quad (2.6)$$

Entonces si se tiene un valor de  $f_c$  en términos de la deformación  $\epsilon_c$ , usando las ecuaciones 2.4 a 2.6 se puede calcular la fuerza del concreto:

Se puede escribir las ecuaciones de equilibrio de fuerzas como:

$$P = \alpha * f''_c * bkd + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \quad (2.7)$$

$$M = \alpha * f''_c * bkd \left( \frac{h}{2} - \gamma * kd \right) + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \left( \frac{h}{2} - d_i \right) \quad (2.8)$$

La curvatura se la define como:

$$\varphi = \frac{\varepsilon_{cm}}{kd} \quad (2.9)$$

Por tanto, se puede determinar la relación teórica M- $\varphi$  para un nivel dado de carga axial, incrementando la deformación del concreto en la fibra extrema  $\varepsilon_{cm}$  a compresión.

Para cada valor de  $\varepsilon_{cm}$  se encuentra la profundidad del eje neutro que satisface el equilibrio de las fuerzas ajustando kd hasta que las fuerzas internas calculadas utilizando las ecuaciones 2.2 a 2.5 satisfagan la ec. 2.7.

En el caso de flexión pura donde P=0 se utilizan las fuerzas internas y la profundidad del eje neutro kd encontrados para determinar M- $\varphi$  con las ecuaciones de 2.4 a 2.7 que corresponden a ese valor de  $\varepsilon_{cm}$ . Desarrollando el cálculo para una diversidad de valores  $\varepsilon_{cm}$  se puede graficar la curva momento – curvatura.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

### 2.1.3 Descripción general del Diagrama Momento –

#### Curvatura

La figura 2.2 muestra el comportamiento típico del diagrama momento curvatura para una sección, la misma que esta dividida de la siguiente manera:

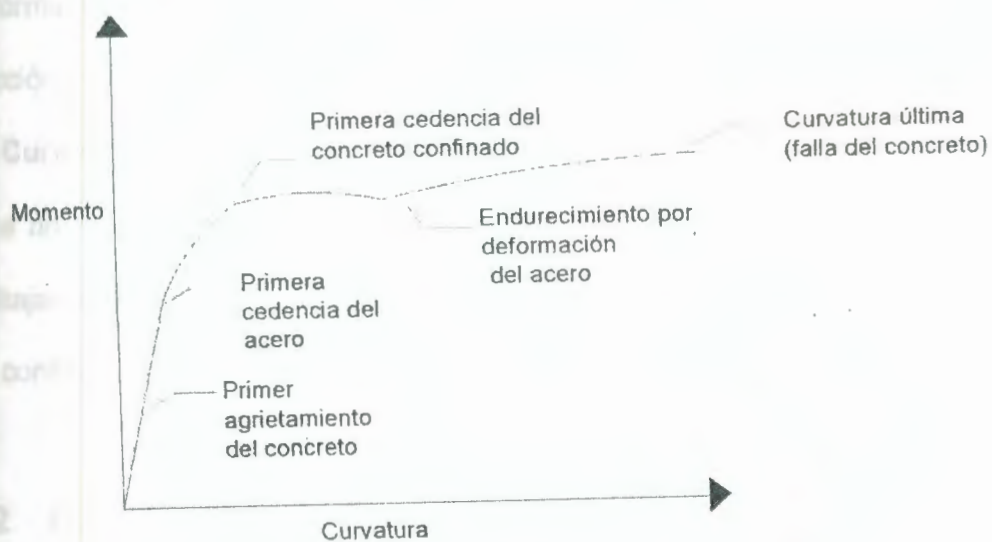


Fig. 2.2 Descripción de la curva momento-curvatura de una sección

### 1.- Primer agrietamiento del concreto

Que se da cuando se alcanza el esfuerzo de ruptura del concreto en la fibra extrema superior.

### 2.- Primera cedencia del acero

Se presenta cuando el acero comienza a fluir, es decir se deforma sin mayor incremento del esfuerzo.

### 3.- Primera cedencia del concreto confinado

Se presenta después que al acero comienza a fluir, se refiere a la fluencia de la sección de concreto armado y no solamente del acero.

### 4.- Endurecimiento por deformación

Después que el acero pasa del punto de cedencia, empieza a ganar resistencia debido a que entra en el rango de endurecimiento por



deformación, lo que nos lleva a un incremento de la resistencia de la sección y por ende la curvatura.

### **5.- Curvatura última**

Que no es mas, que el punto máximo a la cual la sección puede trabajar antes del colapso, donde se produce la fractura del refuerzo de confinamiento.

## **2.2 Ductilidad de Secciones de vigas de concreto confinado**

El comportamiento dúctil significa la habilidad de soportar deformaciones inelásticas, mientras la resistencia se mantiene esencialmente constante. En la actualidad, los reglamentos no indican en forma explícita el nivel de ductilidad que las secciones deban ser capaces de alcanzar, donde ocurren articulaciones plásticas; sin embargo, recomiendan prácticas para el detallado con el propósito de asegurar una ductilidad adecuada<sup>6</sup>.

La razón de ductilidad de curvatura de las secciones de concreto confinado se puede expresar mediante la relación  $\varphi_u/\varphi_y$ , donde  $\varphi_y$  es la curvatura a la primera cedencia, y  $\varphi_u$  es la curvatura en el extremo, esto supone que predominan las deformaciones a flexión.



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

El código ACI 318-99 tiene los siguientes requerimientos de

ductilidad de curvatura:

1.- En los miembros a flexión en todo momento, si el acero de compresión está cediendo

$$\rho - 0.75\rho' \leq 0.75 \frac{0.85 f'_c \beta_1}{f_y} \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} \quad (2.10)$$

2.- En los miembros a flexión de estructuras estáticamente indeterminadas en que se ajustan los momentos flexionantes dados por la teoría elástica para dar margen a la distribución de momentos

$$\rho - \rho' \leq 0.5 \frac{0.85 f'_c \beta_1}{f_y} \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} \quad (2.11)$$

3.- En los miembros a flexión de marcos dúctiles en zonas sísmicas, si el acero de compresión está cediendo

$$\rho - 0.5\rho' \leq 0.5 \frac{0.85 f'_c \beta_1}{f_y} \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} \quad (2.12)$$

De acuerdo con Park y Pulay en la tabla II se muestra la cuantía máxima de acero que permiten las ecuaciones anteriores para distintas resistencias del acero y del concreto.

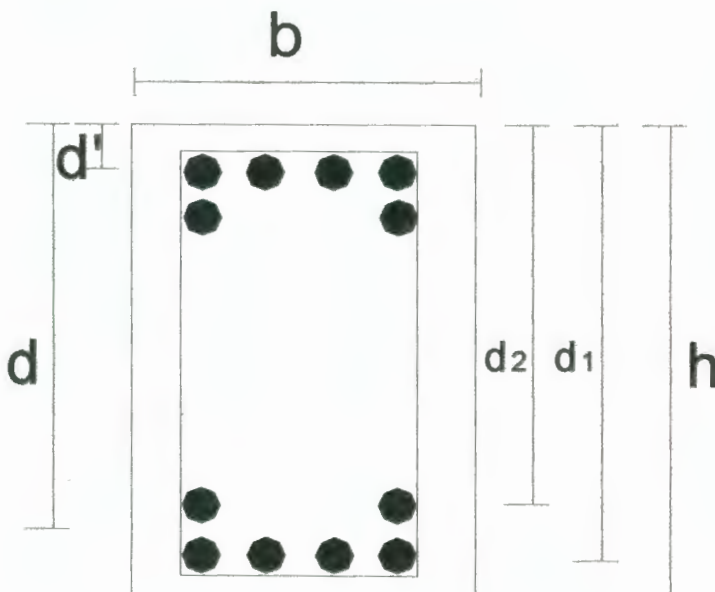
Tabla II

Cuantías máximas de acero por la ductilidad

$f_y$ (Mpa)	276			414		
$f_c$ (Mpa)	20.7	27.6	34.5	20.7	27.6	34.5
Máximo ( $\rho - 0.75\rho'$ )	0.0278	0.0371	0.0437	0.016	0.0214	0.0252
Máximo ( $\rho - \rho'$ )	0.0186	0.0247	0.0291	0.0107	0.0143	0.0168
Máximo ( $\rho - 0.5\rho'$ )	0.0186	0.0247	0.0291	0.0107	0.0143	0.0168

Tomando en consideración los requerimientos antes mencionados se dispone de cierta ductilidad en las secciones diseñadas.

**Ejercicio #2** Determinación del diagrama momento - curvatura para una sección rectangular como se muestra en la figura A, para concreto confinado por medio de estribos, con ancho 38 cm y peralte 74 cm.



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Datos:

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

$$f_r = 35 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = A'_s = 36.95 \text{ cm}^2$$

Estribos y recubrimiento

En este punto se va a calcular la sección de acero transversal.

De acuerdo al código ACI 318-95 Art. 11.5.5.3

$$A_v = \frac{3.5 b_w * s}{f_y}$$

Se usa una separación de:

$$S = 10 \text{ cm}$$

$$A_v = 3.5 * 38 * 10 / 4200$$

$$A_v = 0.318 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto adopto un diámetro comercial,  $\phi 10 \text{ mm}$  con lo que la sección es  $A_v = 0.79 \text{ cm}^2$

El recubrimiento recomendado por el ACI Art. 7.7.1c Vigas, columnas

Estribos                      4 cm



### Cálculo del peralte efectivo (d)

$$d_1 = 74 - (4 + 1 + 2.8/2) = 67.6 \text{ cm}$$

$$d_2 = 74 - (4 + 1 + 2.8 + 2.54 + 2.8/2) = 62.26 \text{ cm}$$

$$d = (62.66 * 2 + 67.6 * 4) / (2 + 4)$$

$$d = 65.82 \text{ cm}$$

### Construcción del primer punto de la curva M-φ

#### Sección agrietada.

Según el ACI 318-99 Art. 8.5.2

$$E_c = 15100 \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 15100 * \sqrt{350}$$

$$E_c = 282495.13 \text{ kg/cm}^2$$

$n = E_s / E_c$  relación modular

$$n = 2.03E6 / 282495.13$$

$$n = 7.18$$

Eje neutro (n-a)

Como tenemos una sección transversal simétrica el eje neutro será

$$Z = 37 \text{ cm}$$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

El momento de Inercia de la sección será:

$$I_{n-a} = \frac{bh^3}{12} + \sum Ad^2$$

$$I_{n-a} = \frac{bh^3}{12} + (n-1)As(Z-d')^2 + (n-1)A's(Z-d')^2$$

$$I_{n-a} = \frac{38 \cdot 74^3}{12} + (7-1) \cdot 36.95 \cdot (37-8.18)^2 + (7-1) \cdot 36.95 \cdot (37-8.18)^2$$

$$I_{n-a} = 1651494.00 \text{ cm}^4$$

### 1.- Momento de agrietamiento ( M<sub>cr</sub>)

El agrietamiento ocurre cuando se alcanza el esfuerzo de ruptura

f<sub>r</sub> = 25 kg/cm<sup>2</sup> en la fibra extrema superior.

$$M_{cr} = \frac{f_t \cdot I}{Z_{inf}}$$

$$M_{cr} = 25 \cdot 1651494 / 37$$

$$M_{cr} = 1115874.36 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_{cr} = 11.16 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

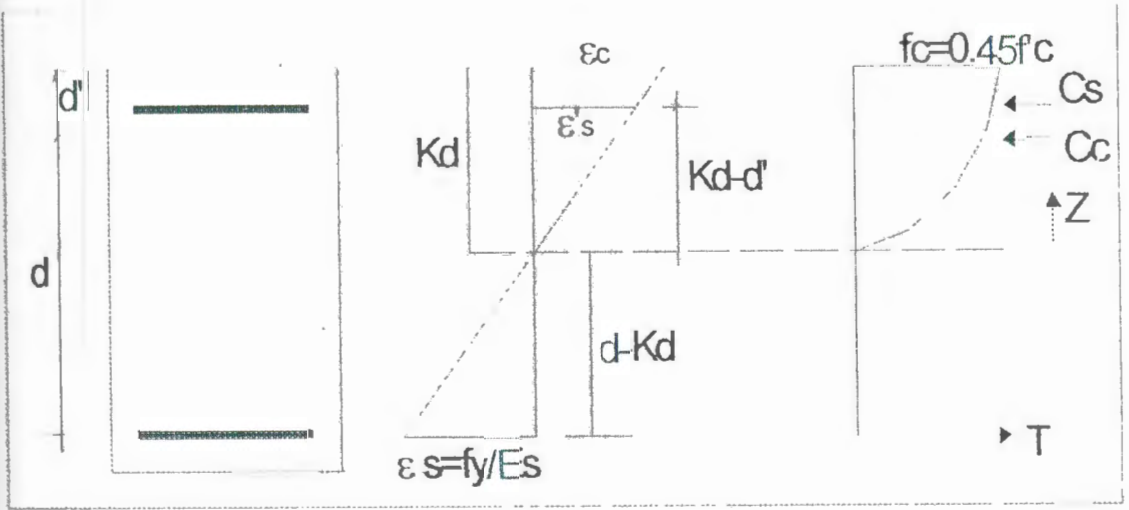
$$\varphi_{cr} = \frac{f_r / E_c}{Z}$$

$$\varphi_{cr} = (25 / 282495.13) / 37$$

$$\varphi_{cr} = 2.39 \text{E-}4 \text{ rad/m}$$

## 2.- Primera cedencia del acero

Igualmente procedemos a graficar los respectivos diagramas



Vamos a ver si el acero a tensión fluye primero o si se produce el aplastamiento del concreto.

a) Para que el acero fluya

$$\rho < \rho_b$$

b) Para que se produzca el aplastamiento

$$\rho > \rho_b$$

$$\text{Donde } \rho_b = \frac{0.85 f'_c \beta_1}{f_y} * \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} + \frac{\rho'_s f'_s}{f_y}$$

$$\rho'_s = \frac{36.95}{38 * 65.82} = 0.01477$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * 350 * 0.85}{4200} * \frac{0.003 * 2.03E6}{0.003 * 2.03E6 + 4200} + \frac{0.01477 * f'_s}{4200}$$

$$\rho_b = 0.035633 + 3.516E - 6 * f'_s$$

$$f'_s = 0.003 E_s \left[ 1 - \frac{d'}{d} * \frac{0.003 E_s + f_y}{0.003 E_s} \right]$$

$$f'_s = 0.003 * 2.03E6 \left[ 1 - \frac{8.18}{65.82} * \frac{0.003 * 2.03E6 + 4200}{0.003 * 2.03E6} \right]$$

$$f'_s = 4811.18 \text{ _kg / cm}^2$$

Como es mayor que  $f_y$  entonces uso el  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$$\rho_b = 0.03563 + 3.51E - 6 * 4200 = 0.0504$$

Como es mayor que  $\rho$  entonces fluye.

Por compatibilidad:

$$\varepsilon_c = \frac{k}{1-k} \varepsilon_s$$

$$\varepsilon'_s = \frac{kd - d'}{kd} \varepsilon_c$$

Como  $\varepsilon_s = \varepsilon_y$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{4200}{2.03E6} = 0.002068$$

Inicialmente asumimos un valor de k, obtenemos:  $k = 0.30$

$$\varepsilon_c = \frac{0.30}{1-0.30} * 0.002068$$

$$\varepsilon_c = 8.86E-4$$

$$\varepsilon'_s = \frac{0.3 * 65.82 - 8.18}{0.3 * 65.82} * 8.86E-4$$

$$\varepsilon'_s = 5.189E-4$$

Por equilibrio:  $C_c + C_s = T$

$$T = A_s f_y$$

$$T = 155190 \text{ Kg}$$

$$C_s = A'_s * E_s * \varepsilon'_s$$

$$C_s = 36.95 * 2.03 E6 * 5.189 E-4 \text{ kg}$$

$$C_s = 38926.76$$

$$C_c = T - C_s$$

$$C_c = 155190 - 38926.76 \text{ kg}$$

$$C_c = 116263.24 \text{ kg}$$

Relación constitutiva:



$$C_c = \int_0^{kd} f_c b dz =$$

$$C_c = b \int_0^{kd} \frac{r f'_{cc} \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cu}} \right)}{r - 1 + \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \right)^r} * \left( \frac{z}{kd} \right) dz$$

$$C_c = 38 \int_0^{kd} \frac{1.479 * 453.44 * \left( \frac{8.86E - 4}{0.004956} \right)}{1.479 - 1 + \left( \frac{8.86E - 4}{0.004956} \right)^{1.479}} * \frac{z}{kd} dz$$

$$C_c = 38 \int_0^{kd} 215.099 * \frac{z}{kd} dz$$

$$C_c = 80700.98 \text{ _kg}$$

Inicialmente asumimos un valor de k, obtenemos:  $k = 0.32$

$$\epsilon_c = \frac{0.32}{1 - 0.32} * 0.002068$$

$$\epsilon_c = 9.732E - 4$$

$$\epsilon'_s = \frac{0.32 * 65.82 - 8.18}{0.32 * 65.82} * 9.732E - 4$$

$$\epsilon'_s = 5.952E - 4$$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Por equilibrio:  $C_c + C_s = T$

$$T = A_s f_y$$

$$T = 155190 \text{ Kg}$$

$$C_s = A_s' * E_s * \epsilon'_s$$

$$C_s = 36.95 * 2.03 E6 * 5.952 E-4 \text{ kg}$$

$$C_s = 44646.87$$

$$C_c = T - C_s$$

$$C_c = 155190 - 44646.87 \text{ kg}$$

$$C_c = 110543.13 \text{ kg}$$

Relación constitutiva:

$$C_c = \int_0^{kd} f_c b dz =$$

$$C_c = b \int_0^{kd} \frac{f'_{cc} \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cu}} \right)^r}{r-1 + \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \right)^r} * \left( \frac{z}{kd} \right) dz$$

$$C_c = 38 \int_0^{kd} \frac{1.479 * 453.44 * \left( \frac{8.86E-4}{0.004956} \right)^{1.479}}{1.479 - 1 + \left( \frac{8.86E-4}{0.004956} \right)^{1.479}} * \frac{z}{kd} dz$$

$$C_c = 38 \int_0^{kd} 215.099 * \frac{z}{kd} dz$$

$$C_c = 80700.98 \text{ kg}$$

Inicialmente asumimos un valor de k, obtenemos:  $k = 0.34$

$$\epsilon_c = \frac{0.34}{1-0.34} * 0.002068 = 1.065E-3$$

$$\epsilon'_s = 0.00010183$$

Por equilibrio:  $C_c + C_s = T$

$$T = A_s f_y$$

$$T = 155190 \text{ Kg}$$

$$C_s = A'_s E_s \epsilon'_s = 76383.64 \text{ kg}$$

$$C_c = T - C_s = 78806.36 \text{ kg}$$

Relación constitutiva:

$$C_c = \int_0^{kd} f_c b dz = b \int_0^{kd} \frac{r f'_{cc} \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cu}} \right)}{r - 1 + \left( \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \right)^r} * \left( \frac{z}{kd} \right) dz$$

$$C_c = 38 \int_0^{kd} \frac{1.479 * 453.44 * 1.065E-3 / 0.004956 * \frac{z}{kd}}{1.479 - 1 + \left( \frac{1.065E-3}{0.004956} \right)^{1.479}} dz$$

$$C_c = 38 \int_0^{kd} 247.66 * \frac{z}{kd} dz$$

$$C_c = 105307.61 \text{ _ kg}$$

Segunda prueba

$$K=0.346$$

$$\epsilon_c = \frac{0.346}{1-0.346} * 0.002068 = 0.001094$$

$$\epsilon'_s = \frac{0.346 * 65.82 - 8.18}{0.346 * 65.82} * 0.001094 = 0.0007011$$

Por equilibrio

$$T= 155190 \text{ kg}$$

$$C_s = A_s E_s \epsilon'_s = 36.95 * 2.03E6 * 0.0007011 = 52588.57 \text{ _ kg}$$

$$C_c = T - C_s = 102601.43 \text{ kg}$$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

$$C_c = T - C_s = 102601.43 \text{ kg}$$

$$C_c = 38 \int_0^{kd} \frac{1.458 * 448 * \left( \frac{0.001094}{0.00481} \right)}{1.458 - 1 + \left( \frac{0.001094}{0.00481} \right)^{1.458}} * \frac{Z}{kd} dz$$

$$C_c = 38 \int_0^{kd} 259.076 * \frac{Z}{kd} dz$$

$$C_c = 112102.36 \text{ kg}$$

Tercera prueba

$$K=0.339$$

$$\varepsilon_c = 0.001062$$

$$\varepsilon'_s = 0.000672$$

Por equilibrio

$$C_s = 50431.86 \text{ kg}$$

$$C_c = 104758.14 \text{ kg}$$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

$$C_c = 38 \int_0^{kd} \frac{653 * \left( \frac{0.001087}{0.00481} \right)^{1.479} * \frac{Z}{kd} dz$$

$$C_c = 104774.45 \text{ _kg}$$

Se acepta

$$Z = \frac{\text{Area} * Z}{\text{Area}} = \frac{3kd}{2}$$

$$Z = 2/3 * kd = 2/3 * 0.3391 * 65.82 = 14.88 \text{cm}$$

**Calculo de  $M_y$  y  $\Phi_y$**

$$M_y = 50431.86(65.82 - 8.18) + 104774.75(65.82 - 0.3446 * 65.82 + 15.12)$$

$$M_y = 11069489.82 \text{ _kg * cm}$$

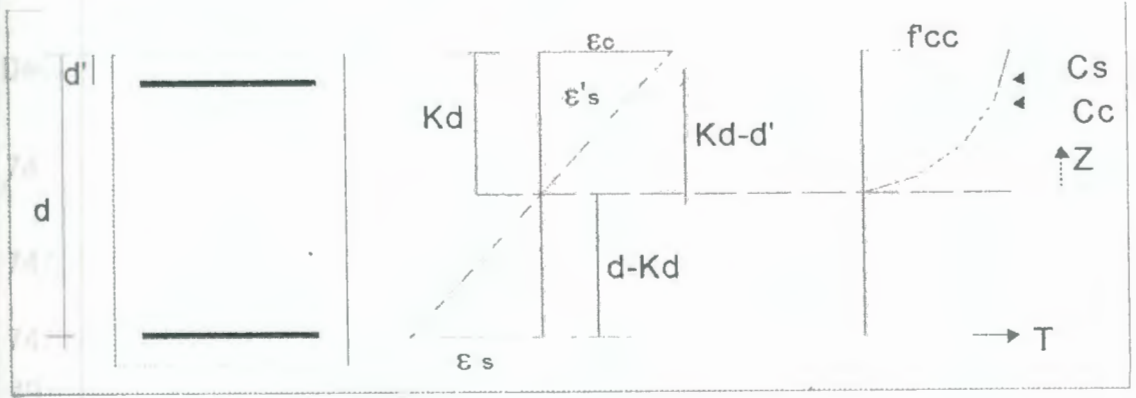
$$M_y = 110.69 \text{ _Ton * m}$$

$$\phi_y = \frac{\epsilon_c}{kd} = \frac{0.001087}{0.339 * 65.82}$$

$$\phi_y = 4.76E - 5 \text{ _rad / cm}$$



### 3.- Cálculo en el valor de $f'_{cc}$ y $\epsilon_{cc}$



Por equilibrio

$$C_c = \frac{2}{3} f'_{cc} bkd$$

$$C_c = \frac{2}{3} 453.44 * 38 * 65.82 * k$$

$$C_c = 756083.99k$$

Por compatibilidad

$$\epsilon'_s = \left( \frac{kd - d'}{kd} \right) \epsilon_{cc}$$

$$\epsilon'_s = \left( \frac{65.82k - 8.18}{65.82k} \right) 0.00496$$

Cálculo de  $C_s$

$$C_s = A_s E_s \epsilon'_s = 36.95 * 2.03E6 * \epsilon'_s$$

$$Cs = 75008500 \text{ } \epsilon\prime s$$

$$T = 155190 \text{ kg}$$

Dejamos nuestra ecuación de equilibrio en función de k

$$747013.12k + 75008500 \left( \frac{kd - d'}{kd} \right) 0.00481 = 155190$$

$$747013.12k + 360790.89 \left( 1 - \frac{d'}{kd} \right) = 155190$$

$$747013.12dk^2 + 360790.9dk - 36079089d' = 155190dk$$

$$49168403.56k^2 + 13532650k - 2951269.4 = 0$$

$$k = 0.143$$

Chequeo del  $\epsilon_s$

$$\epsilon_s = \left( \frac{1-k}{k} \right) \epsilon_{cc} = \left( \frac{1-0.143}{0.143} \right) 0.00496$$

$$\epsilon_s = 0.029816$$

$$\epsilon_{sh} = 0.01$$

Como  $\epsilon_s = 0.029816 > 0.01$



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

Entonces usamos un nuevo valor de T

$$T = A_s \left[ f_y + E_{sth} \left( \frac{1-k}{k} \epsilon_{cc} - \epsilon_{sh} \right) \right]$$

$$E_{sth} = 56000 \text{ kg / cm}^2$$

$$36.95 \left[ 4200 + 5600 * \left( \left( \frac{1-k}{k} 0.00496 \right) - 0.01 \right) \right] = \frac{2}{3} 453.44 * 38 * 65.82 * k$$

$$+ 36.95 * 2.03E6 * \left( \frac{kd - d'}{kd} \right) 0.00496$$

$$20216.86k^2 + 6393.66k - 1482.86 = 0$$

$$k = 0.155$$

Volvemos a calcular  $\epsilon_s$

$$\epsilon_s = \frac{1 - 0.155}{0.155} * 0.00496$$

$$\epsilon_s = 0.02704$$

$$T = 36.95 * \left[ 4200 + 56000 * \left( \frac{1 - 0.155}{0.155} * 0.00496 - 0.01 \right) \right]$$

$$T = 190449.17 \text{ kg}$$

$$C_c = 117104.99 \text{ kg}$$

$$C_s = 360790.89 * \left( \frac{kd - d'}{kd} \right)$$

$$C_s = 73340.93 \text{ kg}$$

$$Z = 5/8 \text{ kd}$$

$$Z = 6.38 \text{ cm}$$

$$Kd = 10.20 \text{ cm}$$

$$M_{\epsilon_{cc}, f'_{cc}} = 117104.99(65.82 + 6.38 - 10.2) + 73340.93(65.82 - 8.18)$$

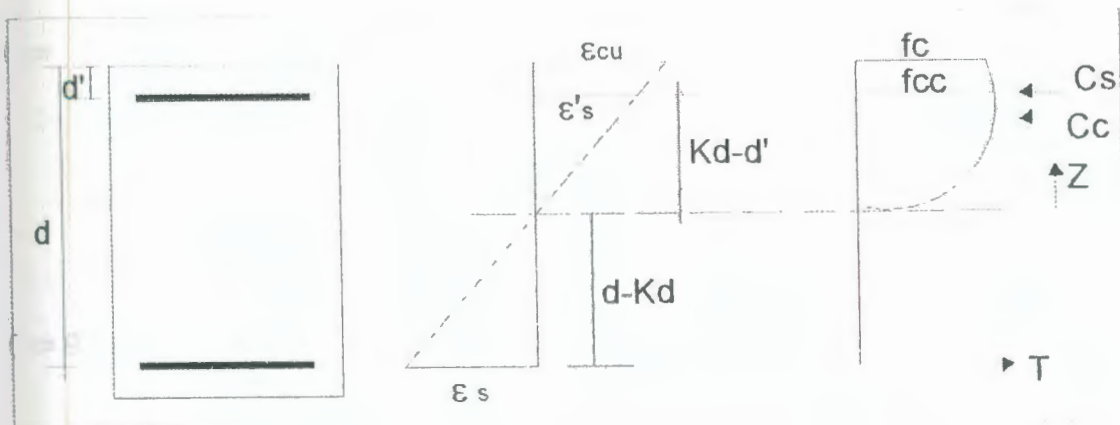
$$M_{\epsilon_{cc}, f_{cc}} = 11487880.59 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$M_{\epsilon_{cc}, f_{cc}} = 114.87 \text{ Ton} * \text{m}$$

$$\phi_{\epsilon_{cu}, f'_{cu}} = \frac{\epsilon_{cu}}{kd} = \frac{0.00496}{10.2}$$

$$\phi_{\epsilon_{cu}, f'_{cu}} = 4.86E - 4 \text{ rad / cm}$$

### 5.- Momento y curvatura últimos



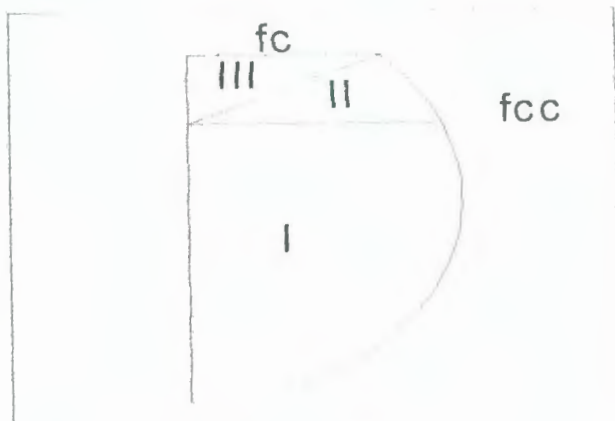
$$\epsilon_s = \frac{1-k}{k} \epsilon_{cu} = \frac{1-k}{k} 0.01184$$

$$\epsilon'_s = \frac{kd-d'}{kd} \epsilon_{cu}$$

Por equilibrio:  $C_c + C_s = T$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL



$$C_c = \frac{2}{3} * kd * (0.00496 / 0.012195) * 453.44 * 38 \quad \text{I}$$

$$+ 0.5 * kd * (1 - 0.00496 / 0.012195) * 453.44 * 38 \quad \text{II}$$

$$+ 0.5 * kd * (1 - 0.00496 / 0.012195) * 386.75 * 38 \quad \text{III}$$

$$C_c = 930887.29 k$$

$$C_s = 36.95 * 2.03E6 * 0.012195 * (kd - d') / kd$$

$$C_s = 914728.66 (kd - d') / kd$$

$$T = 36.95 * \left[ 4200 + 56000 * \left( \frac{1-k}{k} * 0.012195 - 0.01 \right) \right]$$

$$930887.29k + 914728.66 * \frac{kd - d'}{kd} = 36.95 \left[ 4200 + 56000 \left( \frac{1-k}{k} * 0.012195 - 0.01 \right) \right]$$

$$25193.16k^2 + 24755.85(kd - d') = 4200k + 56000 * ((1-k) * 0.012195 - 0.01k)$$

$$25193.16k^2 + 21126.23k - 3759.49 = 0$$

$$k = 0.15$$

$$\text{Chequeo } \epsilon's = 0.012195 - 0.12427 / 0.15$$



$\epsilon'_s = 0.00103$  y es menor que 0.01 ok

Determino la posición de Cc

$$307517.55k + 336424.82k + 286944.91k$$

A1                      A2                      A3

$$A1 = 45205.08$$

$$A2 = 49454.44$$

$$A3 = 42180.90$$

$$Kd = 9.68 \text{ cm}$$

$$Z = \frac{A_1 Z_1 + A_2 Z_2 + A_3 Z_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$Z1 = 5/8 * \frac{\epsilon_{cc}}{\epsilon_{cu}} kd$$

$$Z2 = \frac{\epsilon_{cc}}{\epsilon_{cu}} * kd + \left(1 - \frac{\epsilon_{cc}}{\epsilon_{cu}}\right) \frac{1}{3}$$

$$Z3 = \frac{\epsilon_{cc}}{\epsilon_{cu}} * kd + \left(1 - \frac{\epsilon_{cc}}{\epsilon_{cu}}\right) * \frac{2}{3}$$

$$Z1 = 5/8 * 0.40672 * 9.675 = 2.459$$

$$Z2 = (0.40625 * 9.675 + 9.675 * 1/3 * 0.5933) = 5.848$$

$$Z3 = (0.40625 * 9.675 + 9.675 * 2/3 * 0.5933) = 7.75$$

$$Z = 5.31 \text{ cm}$$

Cálculo de las fuerzas

$$C_c = 136840.429 \text{ kg}$$

$$C_s = 888100.64 \cdot (0.15 \cdot 65.82 - 8.18) / (0.15 \cdot 65.82)$$

$$C_s = 141388.83 \text{ kg}$$

$$T = 36.95 \cdot (4200 + 56000(1-k)/k \cdot 0.012195 - 0.01)$$

$$T = 280923.25 \text{ kg}$$

$$\text{Mult} = 136840.429 (65.82 - 9.675 + 4.05) + 141388.83 (65.82 - 8.18)$$

$$\text{Mult} = 16386762.06 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Mult} = 163.86 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$\phi_{ult} = \frac{\epsilon_{cv}}{kd} = \frac{0.012195}{9.675}$$

$$\phi_{ult} = 1.24 \text{E-}1 \text{ rad/m}$$

$$\frac{\phi_w}{\phi_y} = 26.05$$

$$\phi_y$$



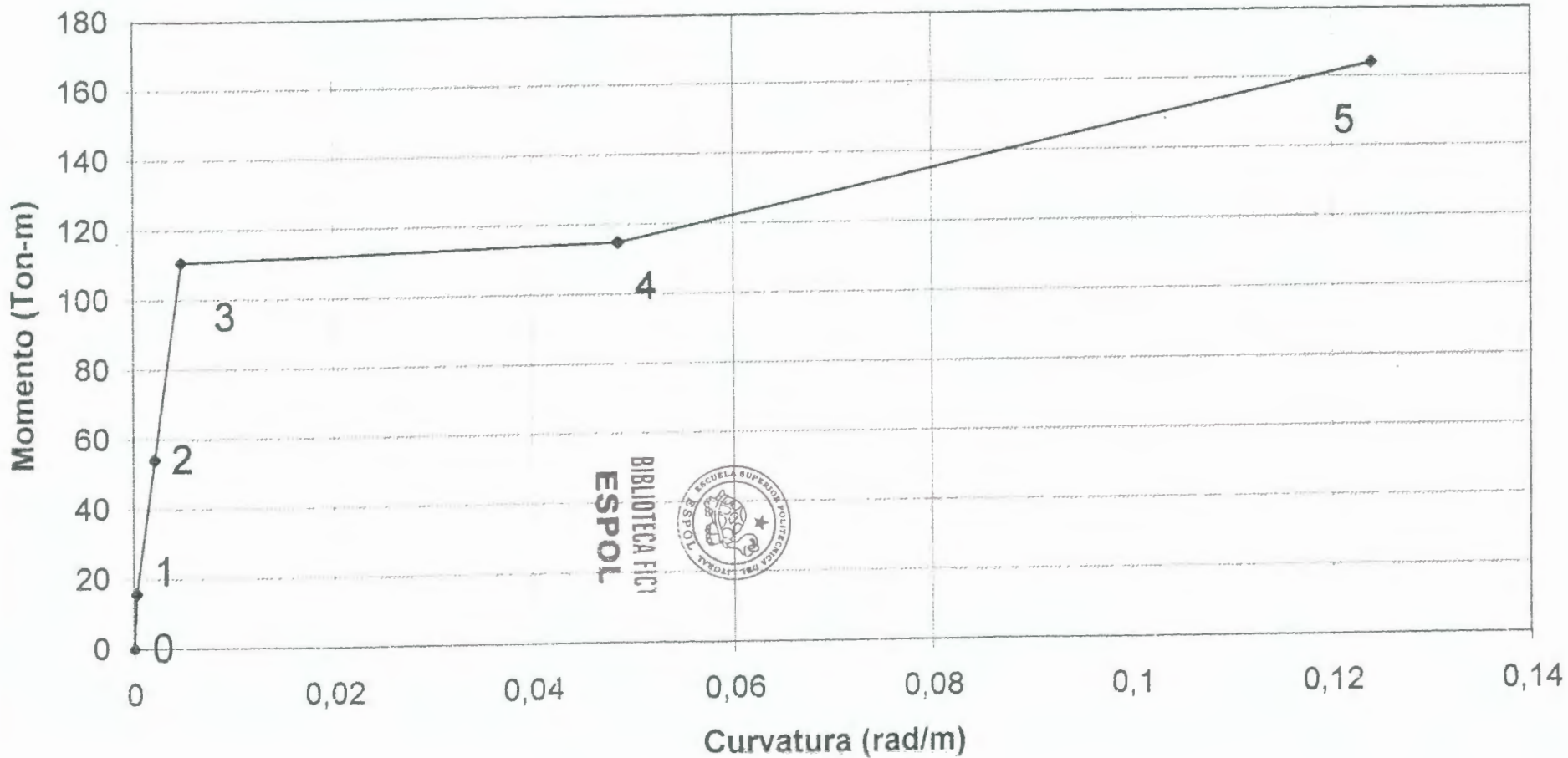
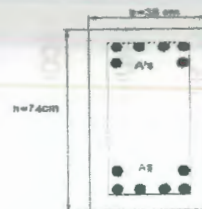
BIBLIOTECA FIC  
ESPOL

En el caso de esta viga, se puede observar que la razón de ductilidad de curvatura es de 26.05, considerándose un valor elevado, como se explica a continuación.

Puntos	Curvatura (rad/m)	Momento (Ton*m)
-	0	0
1	2,39E-04	11.62
3	4.76E-03	110.69
4	4.86E-02	114.87
5	1.24E-01	163.86

# Momento Curvatura

$f'_c=34,5$  Mpa  $f_y=41,4$  Mpa  $A_s=A'_s=6\phi 28$  mm  
 $b=380$  mm  $h=740$  mm Est. 10 mm c/100 mm



BIBLIOTECA FIC1  
ESPOL



Cuando la razón de ductilidad de curvatura es elevada como sucede en algunos casos, es conveniente tomar en consideración una disminución en la rotación plástica de la viga. En este trabajo se recomienda sea de 0.015 rad para así producir desplazamientos laterales que sean posibles de alcanzar sin que colapse la estructura.

Esta rotación plástica se la calcula de la siguiente manera:

$$\theta_{pb} = (\varphi_u - \varphi_y) l_{pb} \quad [\text{Park y Paulay, 1975}] \quad 2.13$$

Fig. 2.3

donde:

$\theta_{pb}$ : Rotación plástica en la articulación plástica

$\varphi_u$ : Curvatura para la resistencia última

$\varphi_y$ : Curvatura de cedencia

$l_{pb}$ : Longitud equivalente de la articulación plástica

En forma conservadora, se estima que  $l_{pb} = 0.6d$  (Sawyer, 1964).

La figura 2.3 detalla la geometría de la deformación plástica de las vigas y columnas, ya que las deformaciones son pequeñas, se pueden relacionar las rotaciones plásticas en las vigas y en la base de la columna como sigue:

$$\delta = l_b \theta_{pb} \quad [\text{Park y Paulay, 1975}] \quad 2.14$$



BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

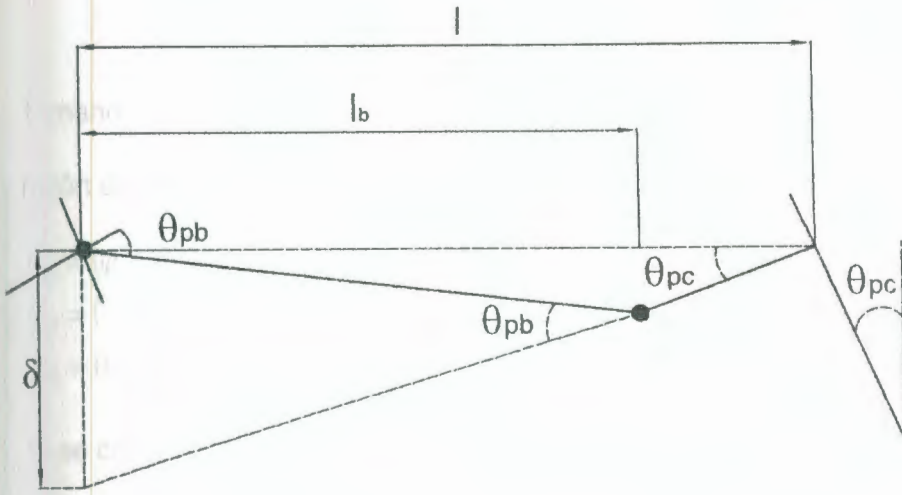
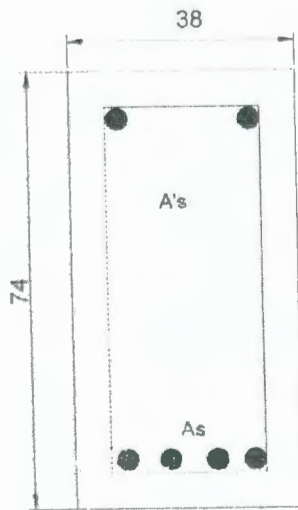


Fig. 2.3 Geometría de deformaciones plásticas en mecanismo de traslación lateral de la viga

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se limita la rotación plástica de una viga considerando el ejercicio #2



Sección de viga analizada



Tomando como ejemplo el ejercicio 2 de este capítulo tenemos una razón de ductilidad de curvatura 26.05:

$$\theta_{pb} = (\varphi_u - \varphi_y) l_{pb}$$

$$\theta_{pb} = (0.124 - 0.00476) * 0.6 * 0.66$$

$$\theta_{pb} = 0.04722 \text{ rad}$$

Si se calcula la deformación  $\delta$  de la viga Fig. 2.3 se tiene:

$$\delta = l_b \theta_{pb}$$

$$\delta = \frac{2}{3} l \theta_{pb}$$

Asumiendo que la rótula está a 1/3 del extremo deseado

$$\delta = \frac{2}{3} * 6 * 0.04722$$

$$\delta = 0.189 \text{ m}$$

Lo que es un valor alto de deformación y por ello se lo reduce a una rotación de 0.015 rad.

$$\varphi_u = \frac{\theta_{pb}}{l_{pb}} + \varphi_y$$

$$\varphi_u = \frac{0.015}{0.6 * 0.66} + 0.00476$$

$$\varphi_u = 0.0426 \text{ rad/m}$$

$$\delta = l_b \theta_{pb}$$

$$\delta = \frac{2}{3} l \theta_{pb}$$

$$\delta = \frac{2}{3} (6 \text{ m}) 0.015$$

$$\delta = 6 \text{ cm}$$

$$\frac{\varphi_u}{\varphi_y} = \frac{0.0426}{0.00476} = 8.96$$

Entonces nuestra razón de ductilidad al valor de la rotación plástica de 0.015 rad es 8.96.

A continuación se presentan dos graficas razón de ductilidad de curvatura, la primera sin limitación de la rotación plástica y la segunda con limitación de la rotación plástica a un valor de 0.015 rad, similares a las que se presentan en el anexo C.

## Curvas razón de ductilidad de curvatura

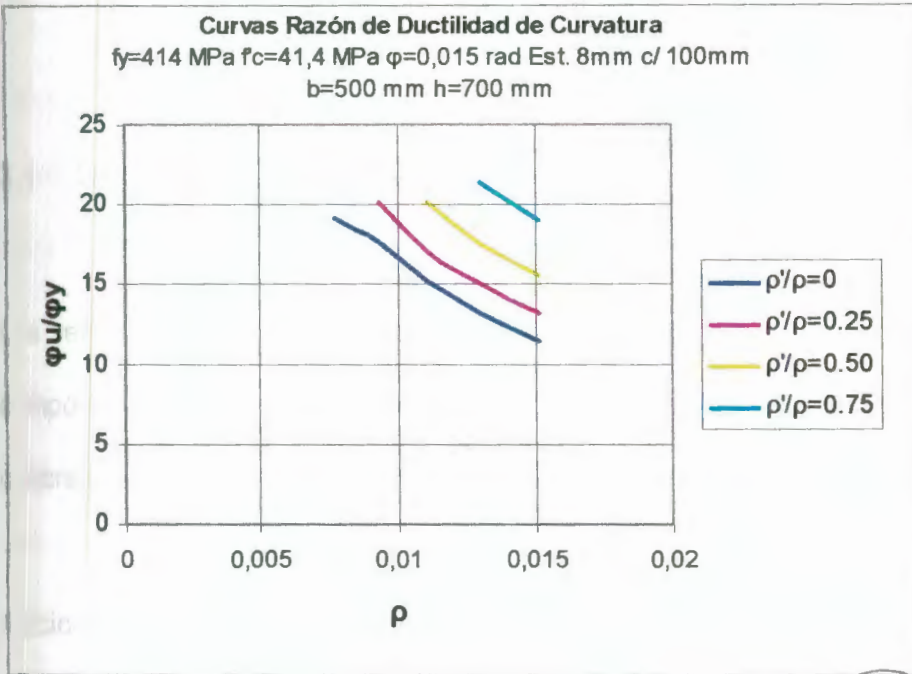
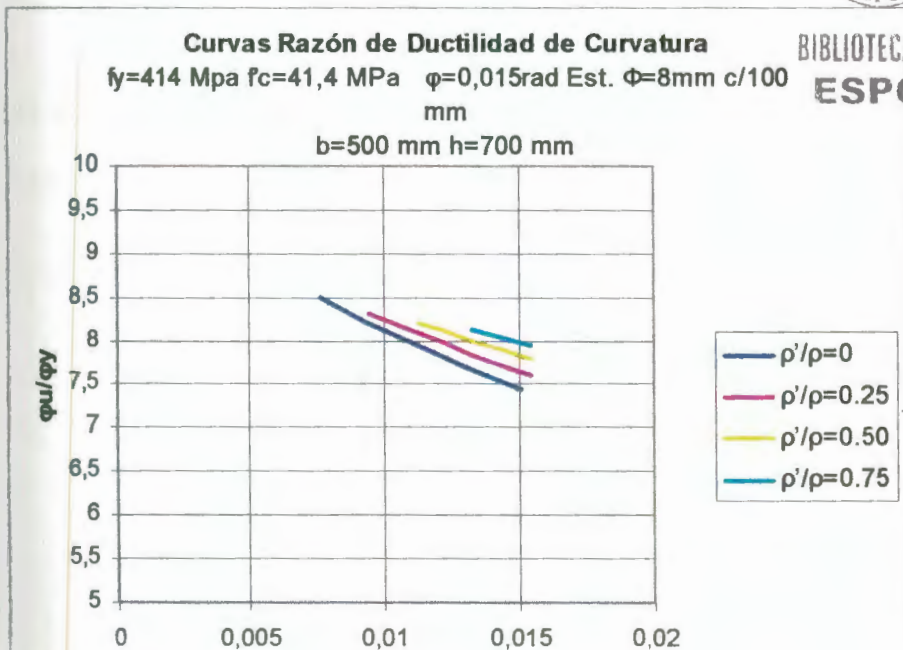


Fig. 1



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**



# 3

## 3.1 RESULTADOS

Los resultados de este trabajo, están basados en el análisis del comportamiento de los diagramas momento-curvatura para vigas de concreto armado, cuyas curvas se presentan en el anexo B.

Adicionalmente, se han graficado las curvas razón de ductilidad de curvatura para distintas vigas con una limitación de la rotación plástica, las cuales se encuentran en el anexo C.

### 3.2 Curvas comparativas de Razón de Ductilidad

A continuación se presentan curvas que resume gráficamente la variación de la razón de ductilidad de curvatura a medida que varía la resistencia a la compresión del concreto, el espaciamiento del estribo, la cuantía del refuerzo de confinamiento.

Las curvas R1, R2 y R3 muestra la influencia del esfuerzo de compresión en la razón de ductilidad de curvatura.

Las curvas R4, R5 y R6 muestra la influencia de la separación del estribo en la razón de ductilidad de curvatura.

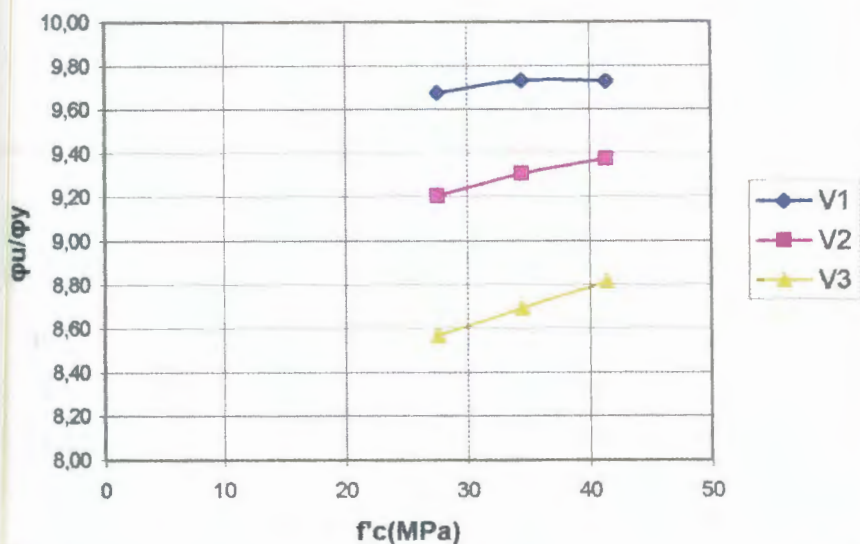
Las curvas R7, R8 y R9 muestra la influencia de la cuantía del refuerzo de confinamiento en la razón de ductilidad de curvatura.

Las vigas referidas a este resumen estadístico son las siguientes:

Estribos de 8mm.

Vigas	b	h	As	A's
V1	30	50	6 $\Phi$ 20	3 $\Phi$ 14
V2	30	70	8 $\Phi$ 20	2 $\Phi$ 20
V3	30	90	6 $\Phi$ 26	3 $\Phi$ 18
V4	40	60	6 $\Phi$ 24	2 $\Phi$ 20
V5	40	80	10 $\Phi$ 22	3 $\Phi$ 20
V6	40	100	10 $\Phi$ 26	3 $\Phi$ 24
V7	40	120	10 $\Phi$ 28	3 $\Phi$ 26
V8	50	70	8 $\Phi$ 26	2 $\Phi$ 26
V9	50	90	8 $\Phi$ 30	2 $\Phi$ 30
V10	50	110	10 $\Phi$ 30	3 $\Phi$ 28
V11	50	130	12 $\Phi$ 30	3 $\Phi$ 30
V12	50	150	12 $\Phi$ 32	3 $\Phi$ 32

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
Vs  
Esfuerzo de Compresión**

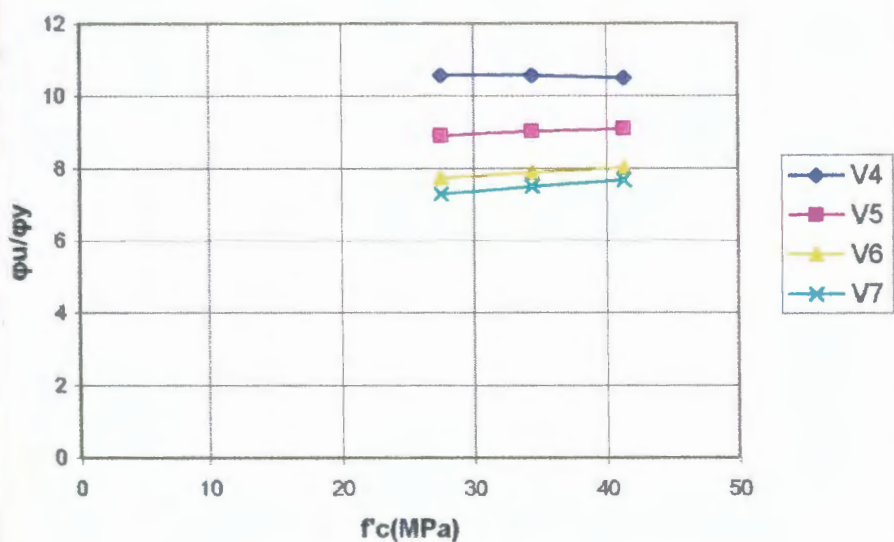


R 1



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

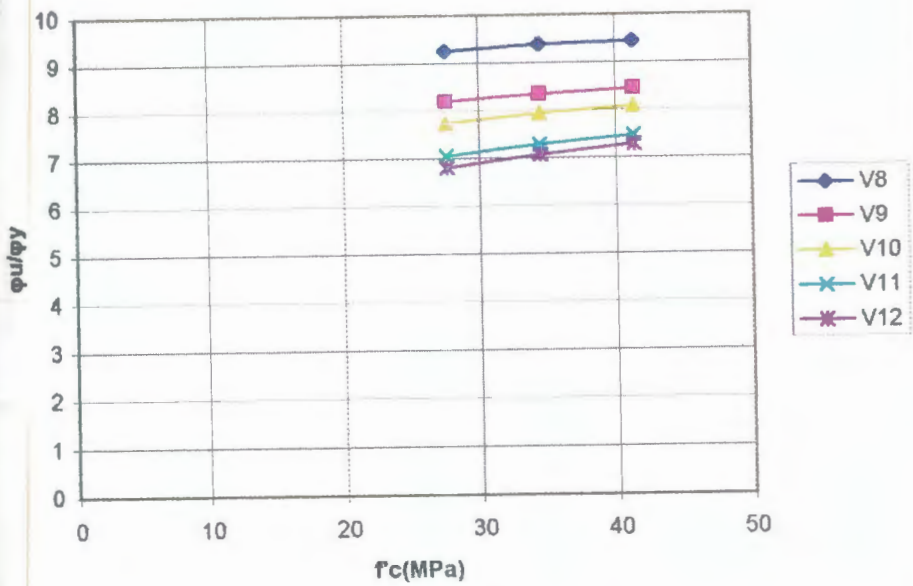
**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
Vs  
Esfuerzo de Compresión**



R 2



**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
Vs  
Esfuerzo de Compresión**

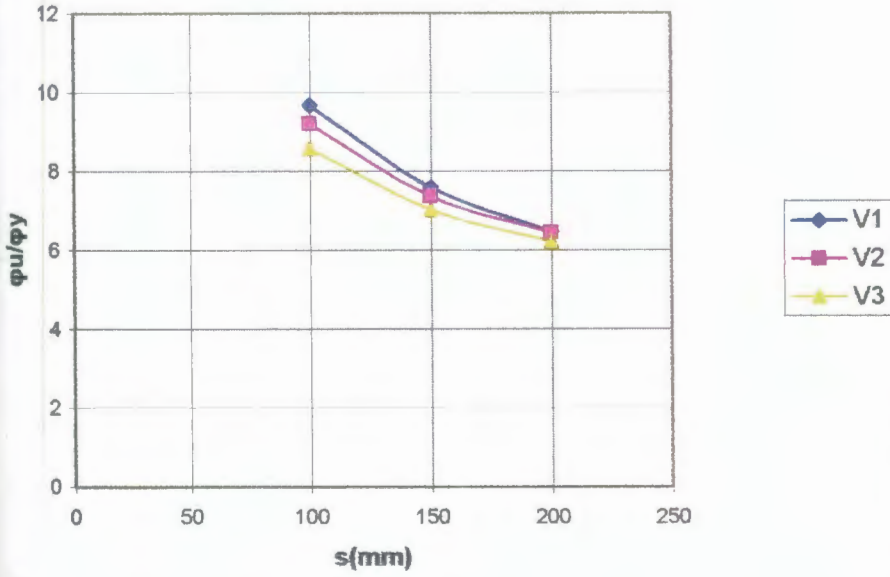


R 3



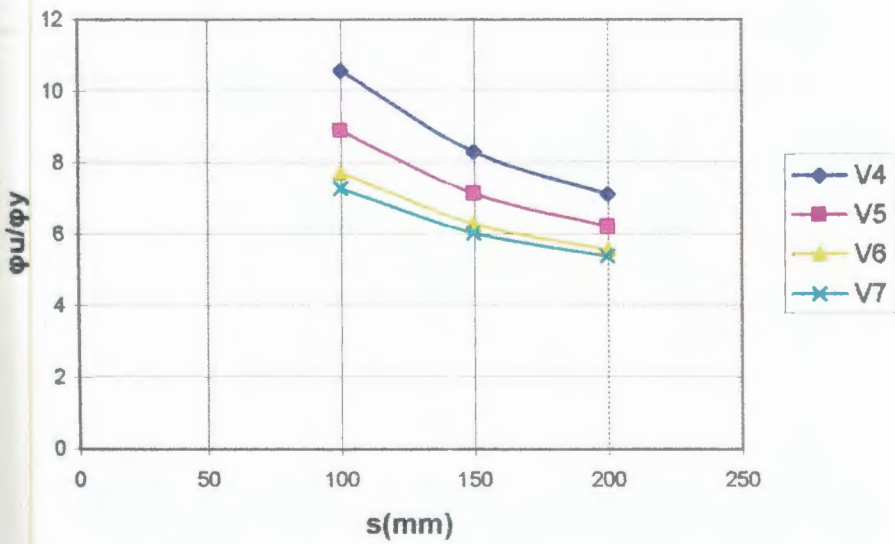
**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
Vs  
Espaciamiento del Estribo**



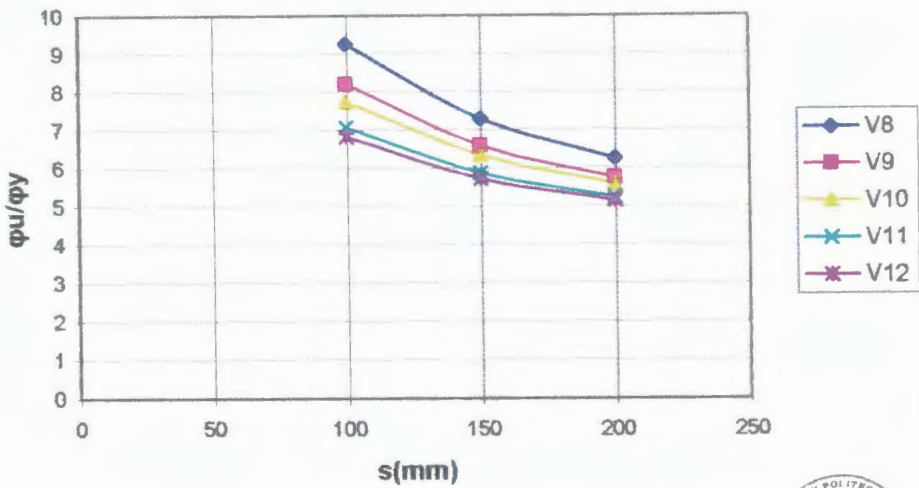
R 4

**Curvas Razón de Ductilidad de curvatura  
Vs  
Espaciamiento del estribo**



R 5

Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
Vs  
Espaciamiento del Estribo

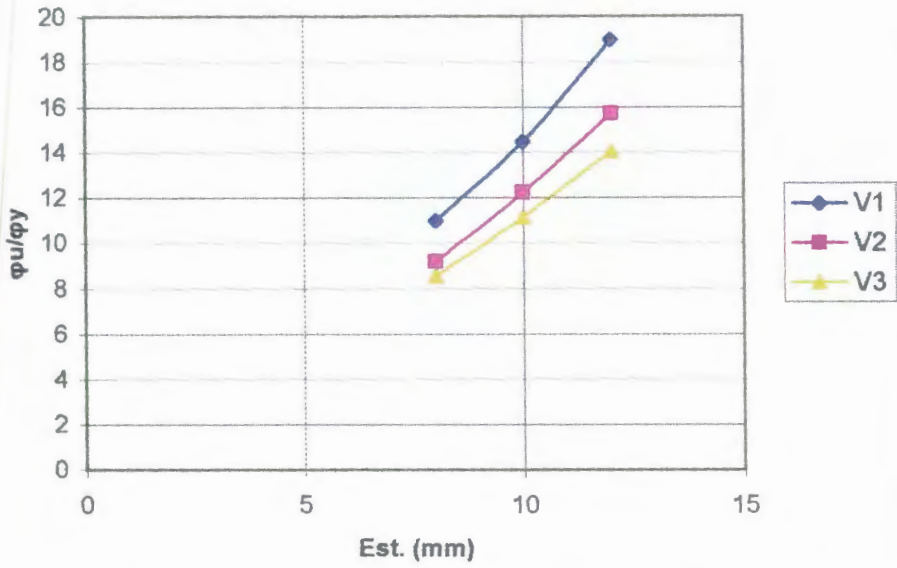


R 6



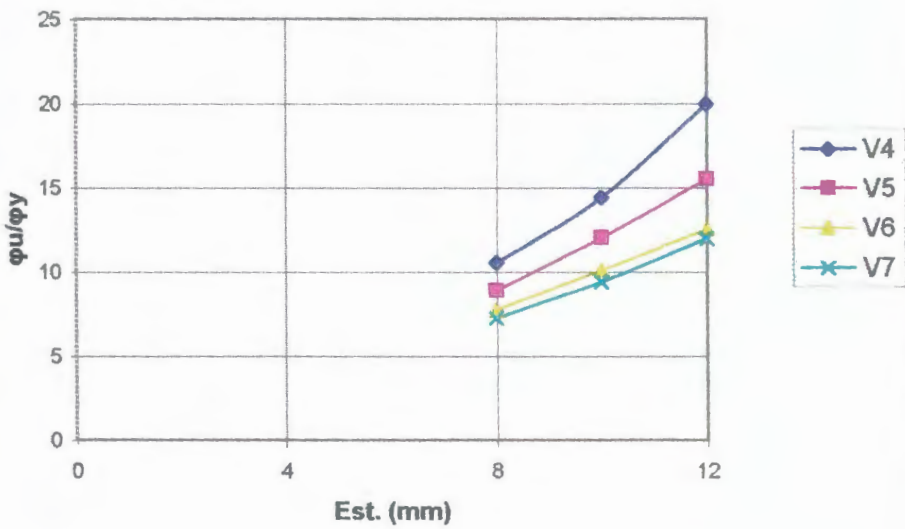
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
Vs  
Variación de la cuantía del Estribo**



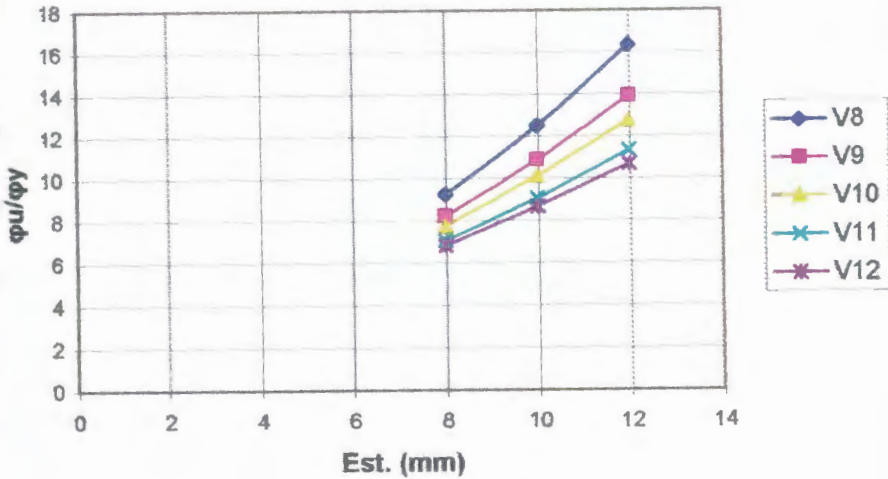
R 7

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
Vs  
Variación de la cuantía Estribo**



R 8

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
Vs  
Variación de la cuantía del Estribo**



R 9



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

### 3.3 CONCLUSIONES

Del análisis comparativo entre las curvas razón de ductilidad de curvatura para distintas vigas de hormigón armado, resulta evidente que:

- 1.- Limitar la rotación plástica a 0.015 rad, para así producir desplazamientos y deformaciones que sean posibles de alcanzar sin que la estructura colapse. *en el análisis estructural*
- 2.- Como se pudo comprobar que, cuando se incrementa el diámetro del estribo tenemos un aumento en la ductilidad, debido a que se incrementa la deformación unitaria última de la sección.
- 3.- No existe diferencia apreciable en la razón de ductilidad de curvatura cuando se incrementa la resistencia a la compresión del concreto.
- 4.- Como se pudo comprobar que, mientras más cercano sea el espaciamiento entre los estribos existe una mejor razón de ductilidad de curvatura, debido a que el estribo confina de mejor forma la sección.



5.-Mientras mayor sea el acero de compresión mayor es la razón de ductilidad de curvatura, debido a que existe una disminución de la distancia al eje neutro.

6.- Mientras mayor es el acero de tensión menor es la razón de ductilidad de curvatura, debido a que existe un aumento de la distancia al eje neutro



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

### 3.4 RECOMENDACIONES

1. Tomar en consideración la influencia de la plataforma de fluencia y en la zona de endurecimiento del acero de refuerzo ya que esto afecta directamente con el comportamiento de las ductilidades de Curvatura y de desplazamiento.
2. Para poder tener un conocimiento mas cercano a la realidad y hacer una verificación de los valores que se calculan, para las curvas momento curvatura y ductilidad de Curvatura, es necesario saber cuales son las curva esfuerzo deformación del acero.
3. Definir un rango de Ductilidad de Curvatura para asegurar que el comportamiento de nuestra Estructura este en los limites que proponen los códigos.
4. La utilización de una curva esfuerzo deformación idealizada, no es recomendable ya que estamos restringiendo el comportamiento real que va a tener nuestra Estructura en un evento Sísmico.



# **ANEXO A**

Curvas Esfuerzo Deformación para  
Vigas Rectangulares de Concreto  
Armado

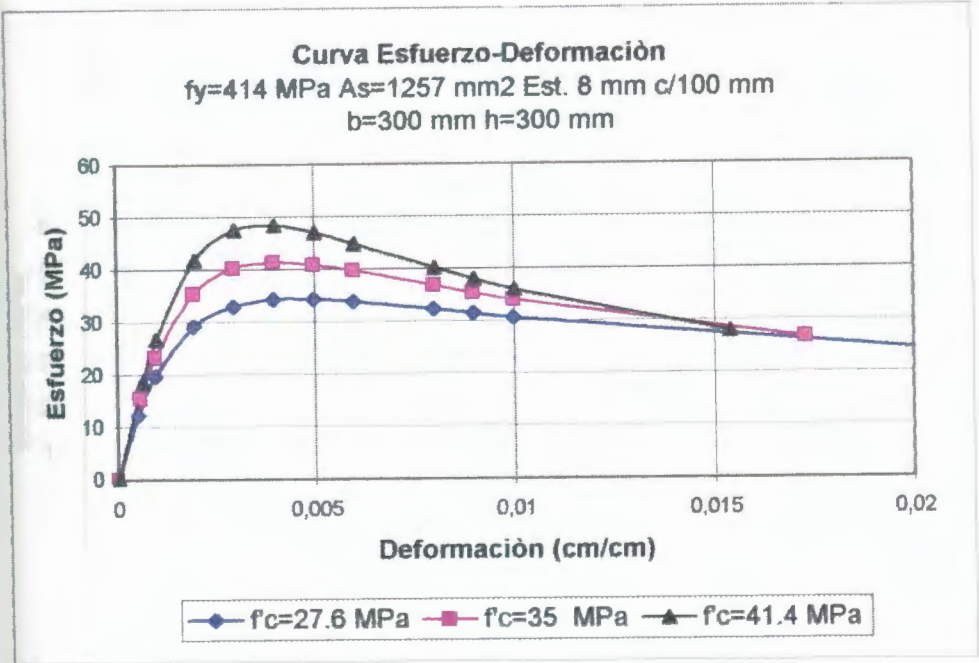


Figura A.1

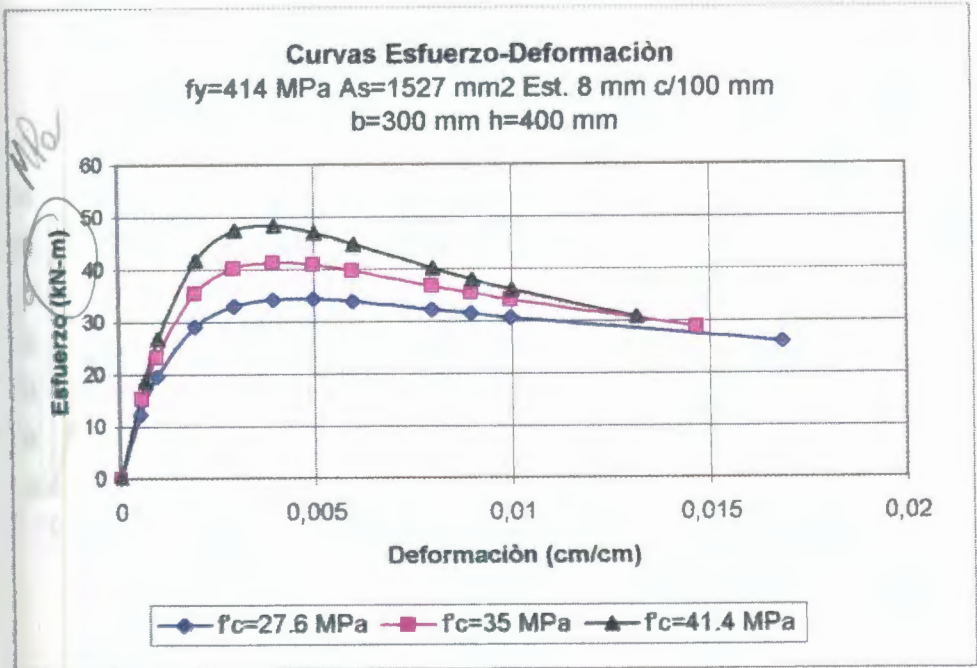


Figura A.2

Curvas Esfuerzo-Deformación  
 $f_y=414$  MPa  $A_s=1885$  mm<sup>2</sup> Est. 8 mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=500$  mm

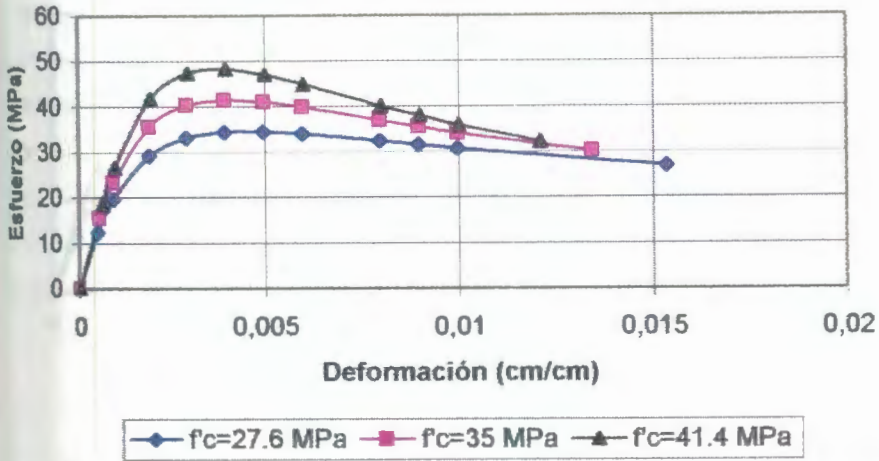


Figura A.3



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

Curvas Esfuerzo-Deformación  
 $f_y=414$  MPa  $A_s=2513$  mm<sup>2</sup> Est. 8 mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=600$  mm

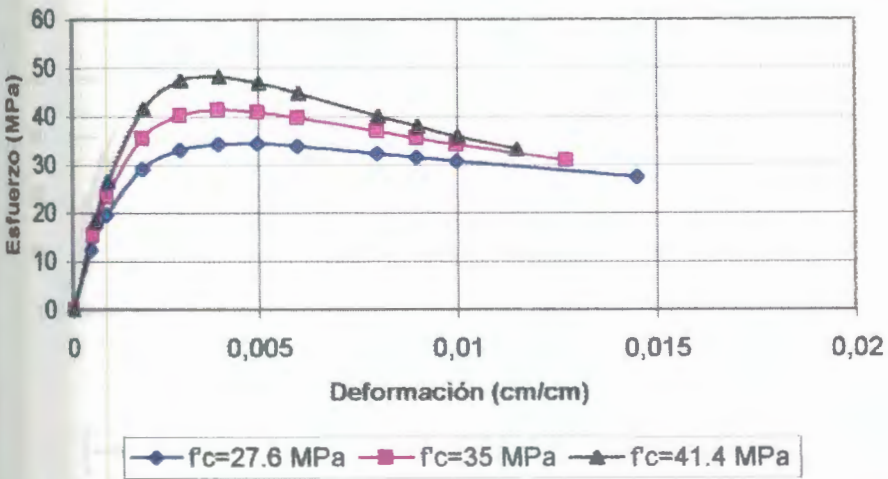


Figura A.4



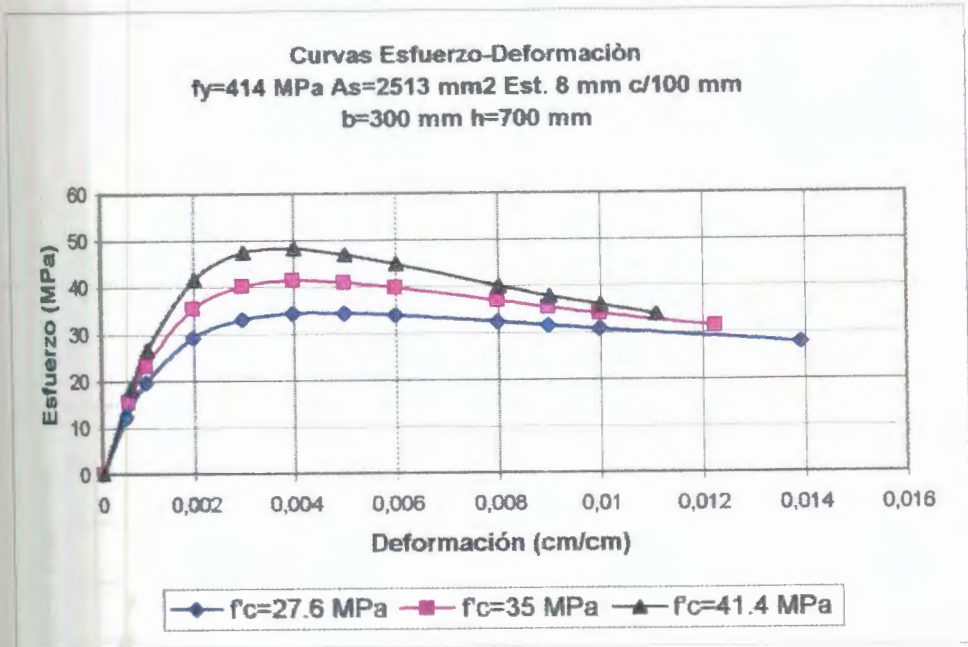


Figura A.5

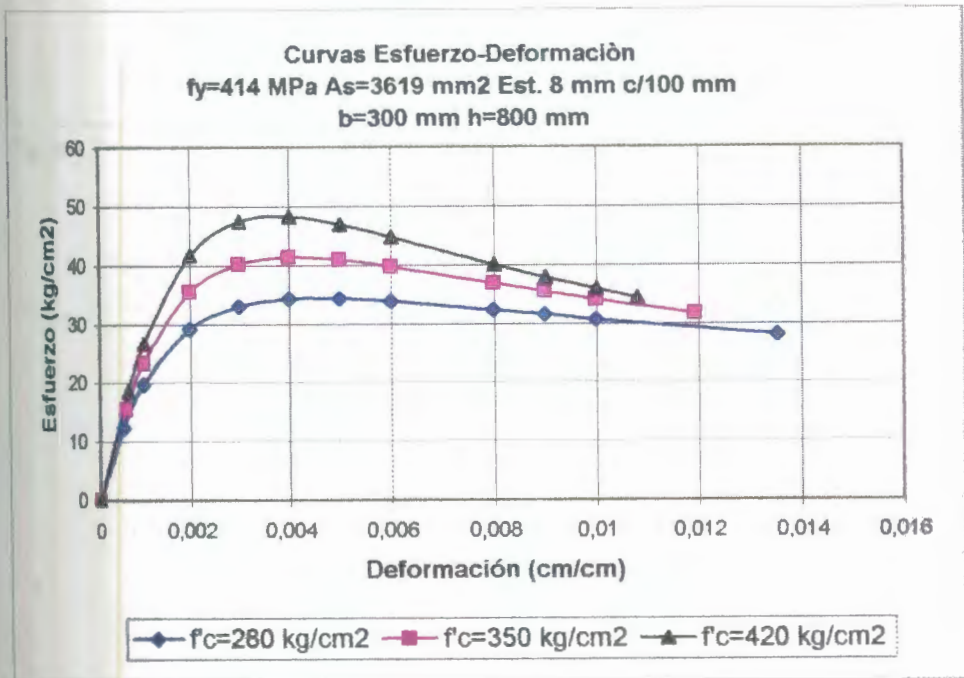


Figura A.6

**Curvas Esfuerzo-Deformación**  
 **$f_y=414$  MPa  $A_s=3619$  mm<sup>2</sup> Est. 8 mm c/100 mm**  
 **$b=300$  mm  $h=900$  mm**

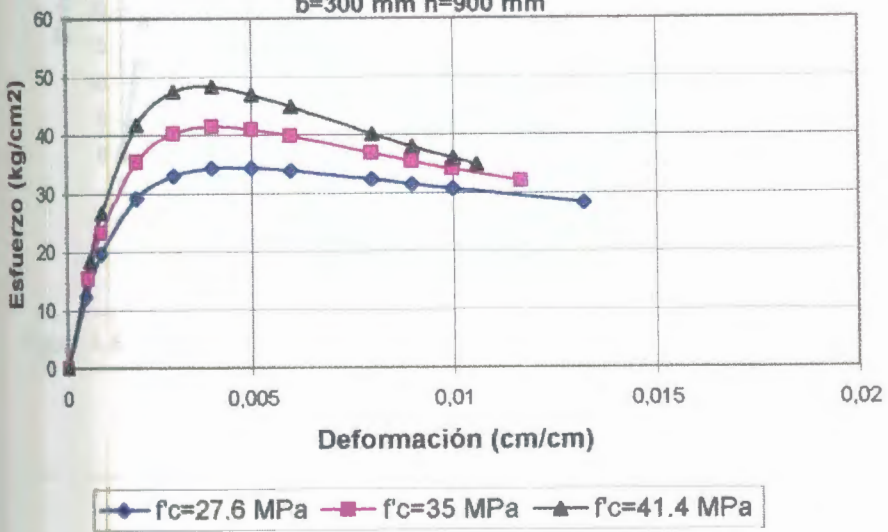


Figura A.7

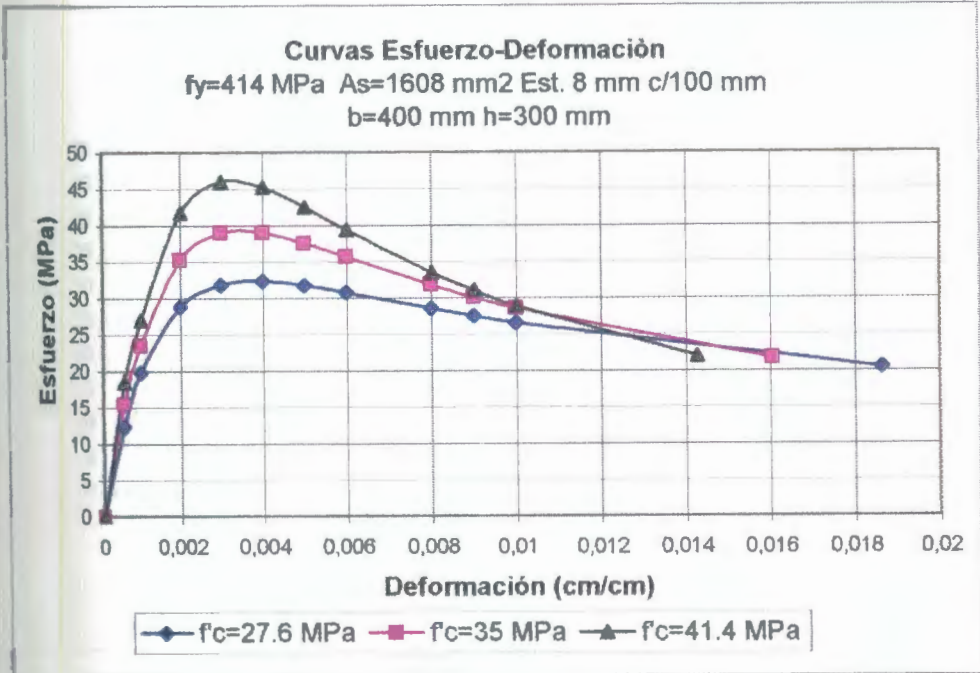


Figura A.8



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

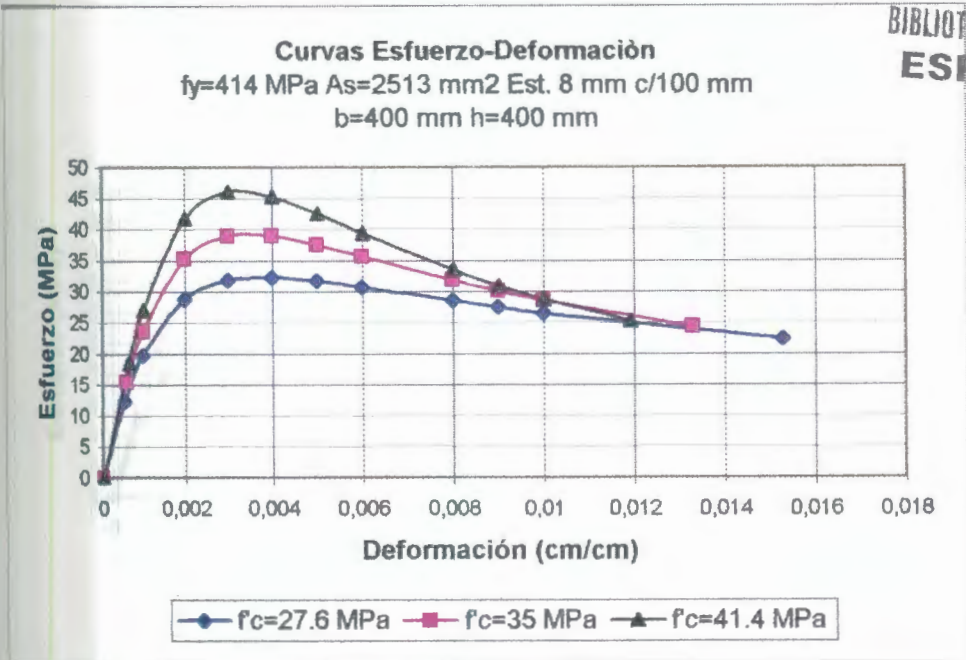


Figura A.9

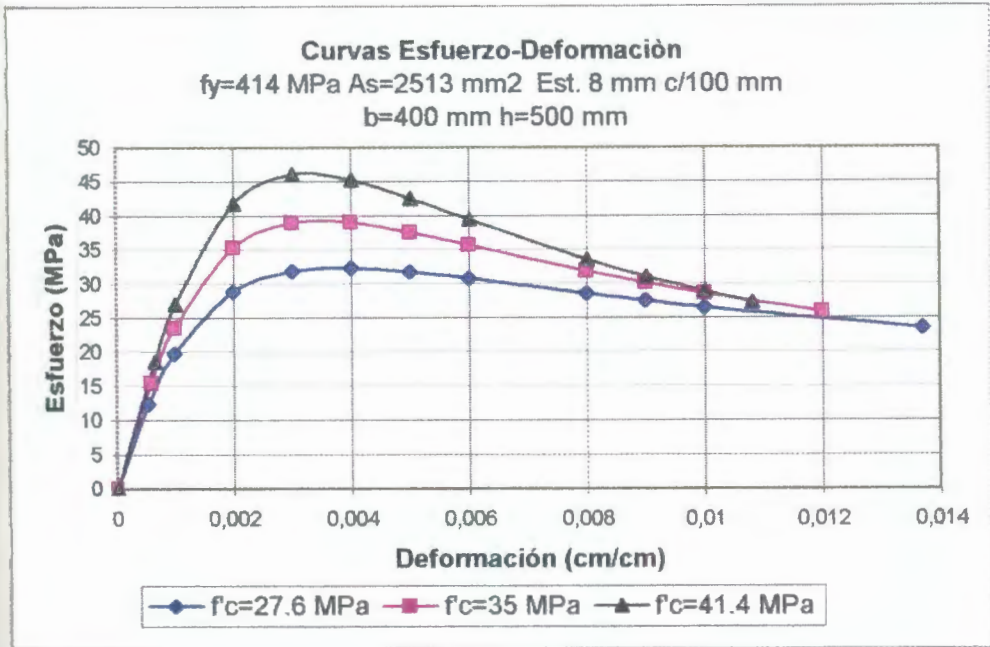


Figura A.10

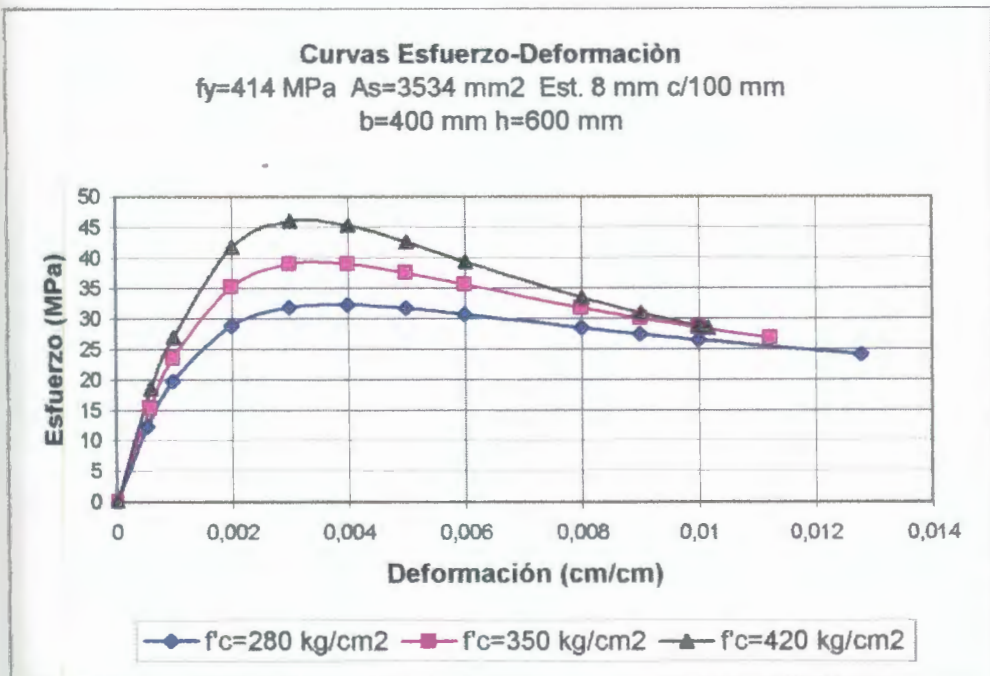


Figura A.11

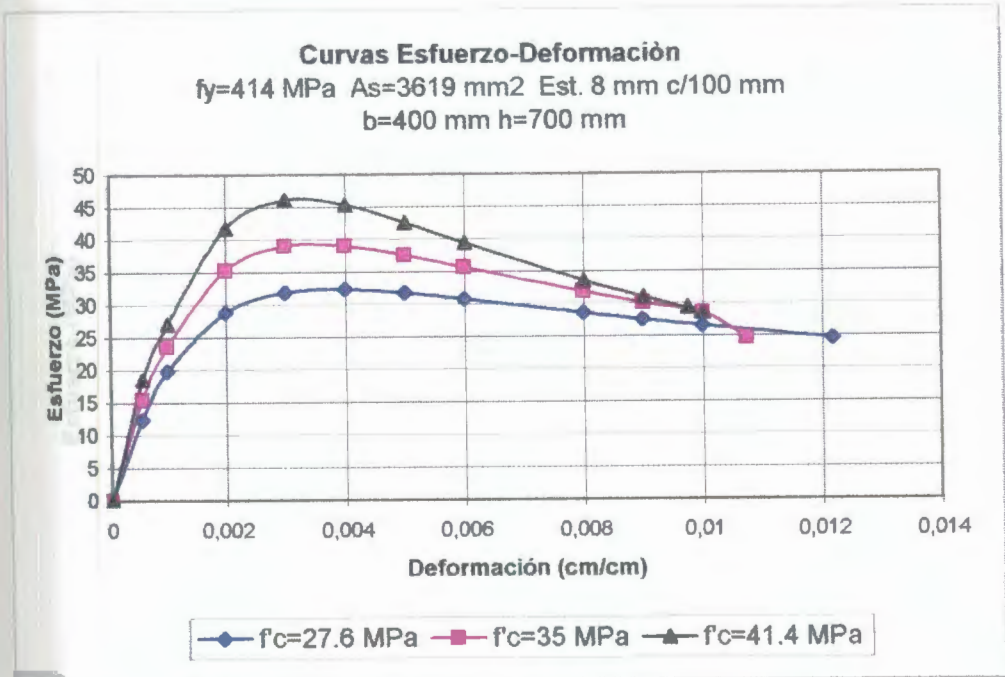


Figura A.12

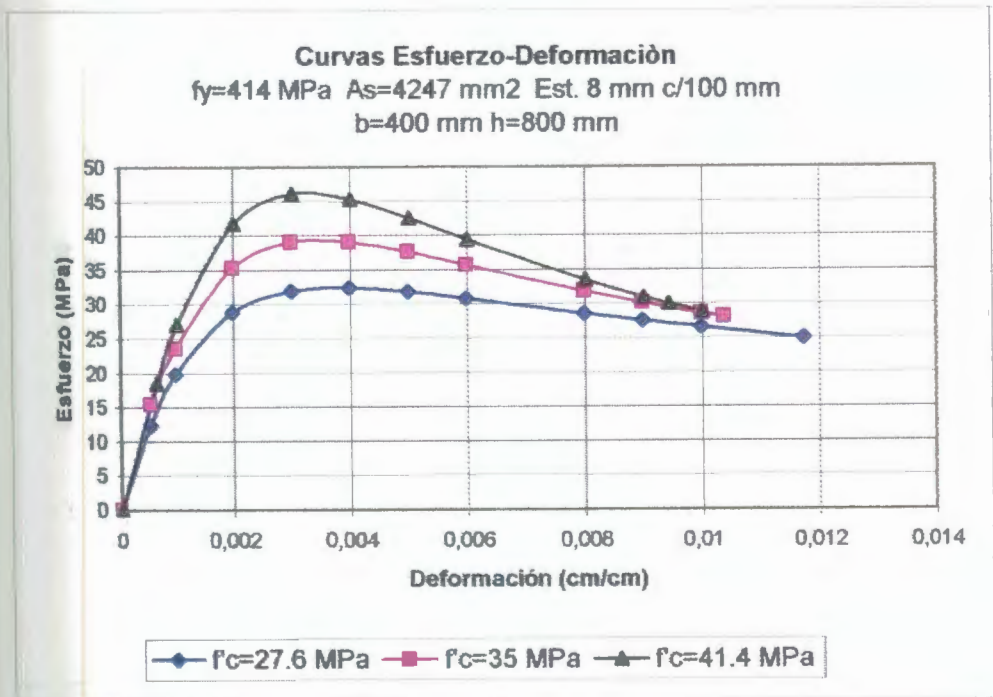


Figura A.13



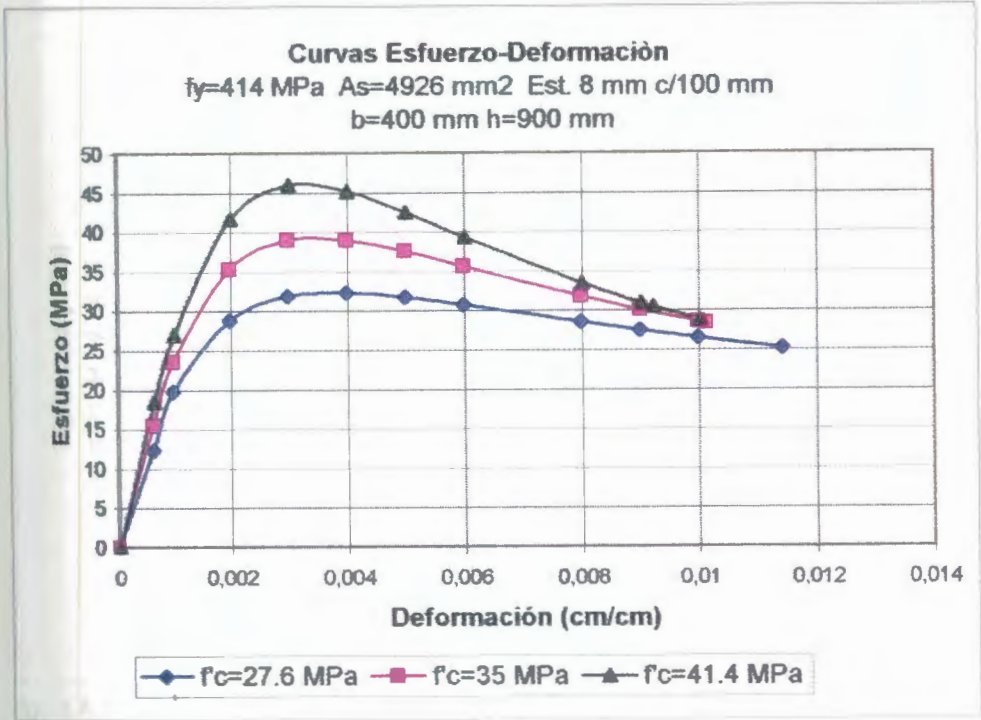


Figura A.14

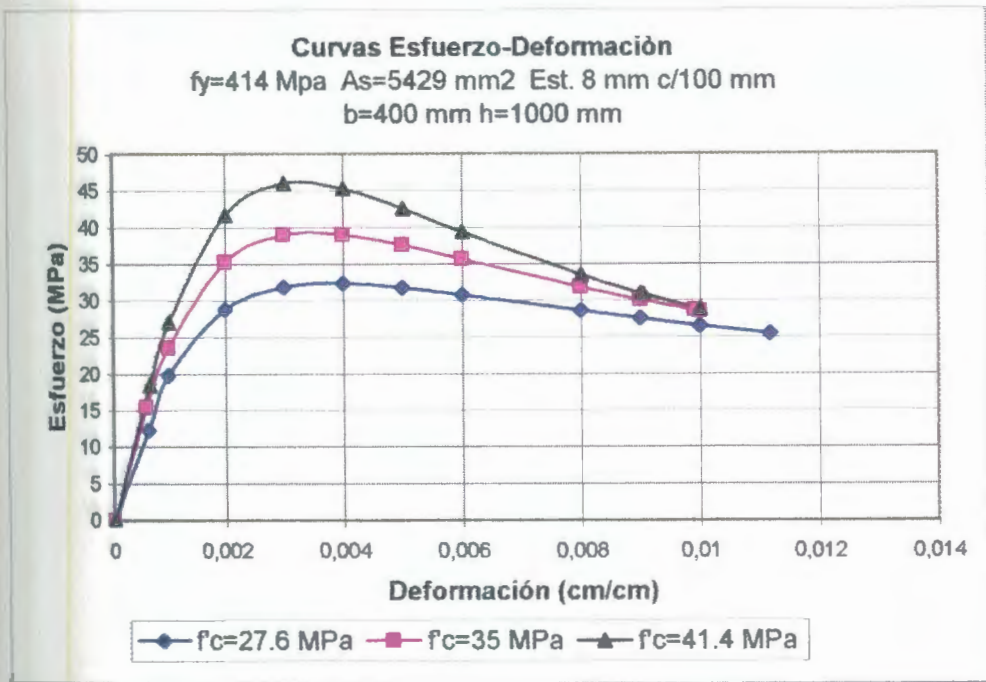


Figura A.15



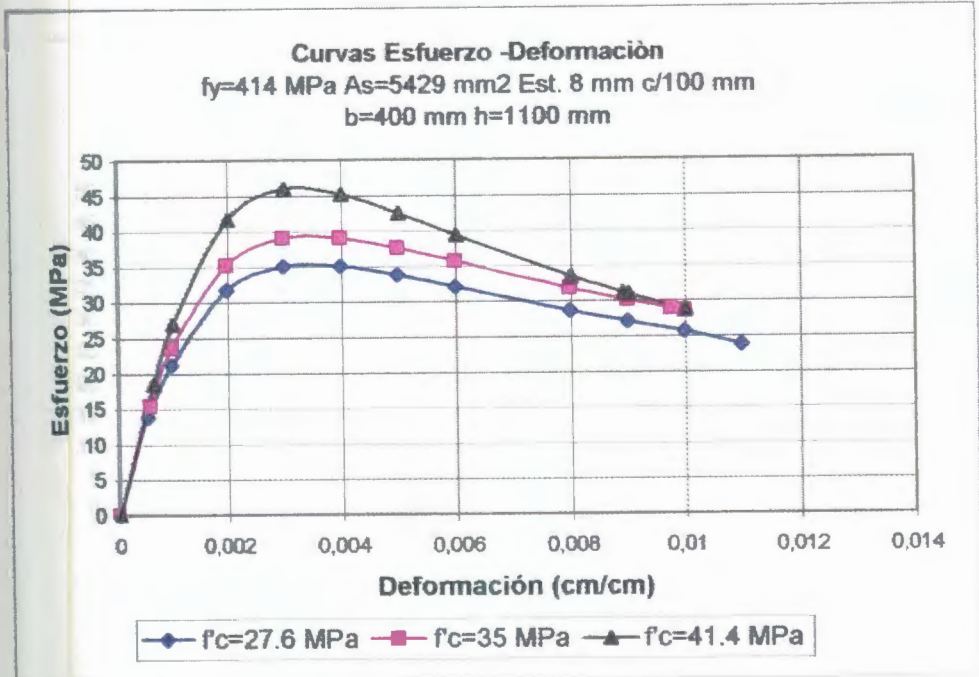


Figura A.16



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

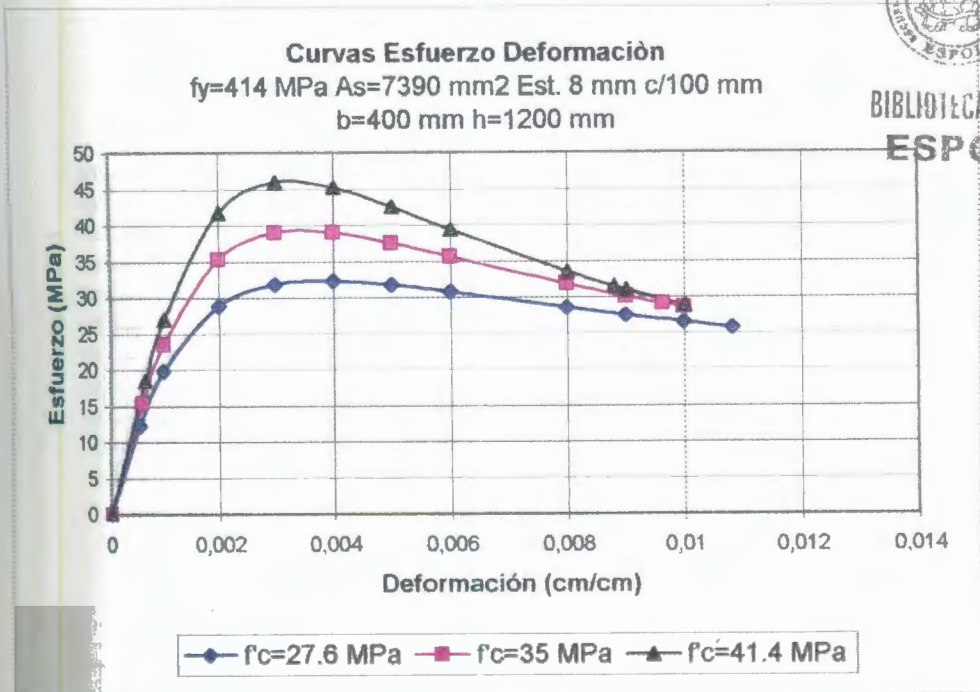


Figura A.17

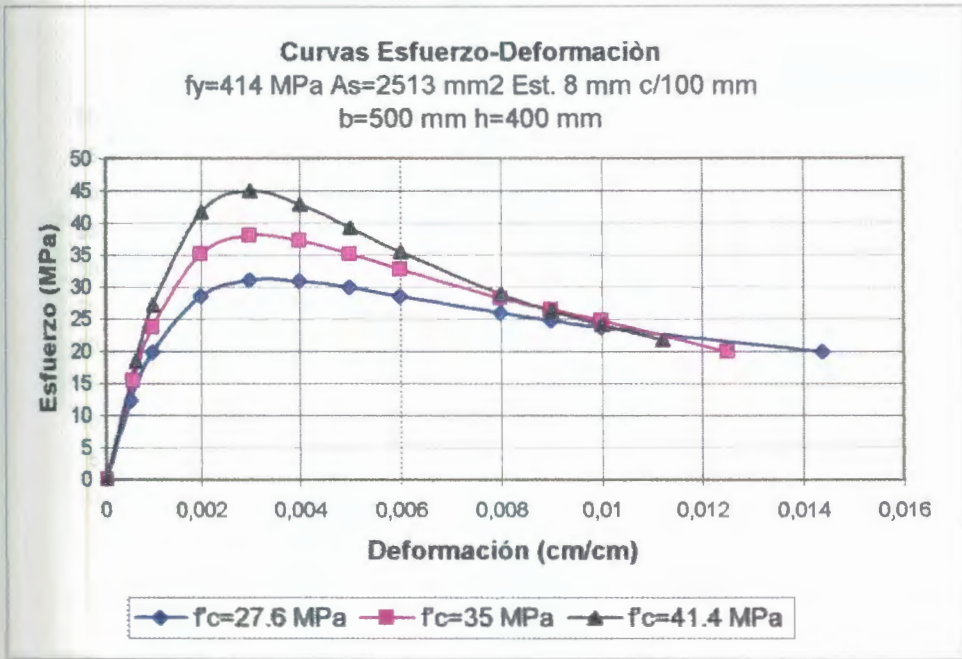


Figura A.18

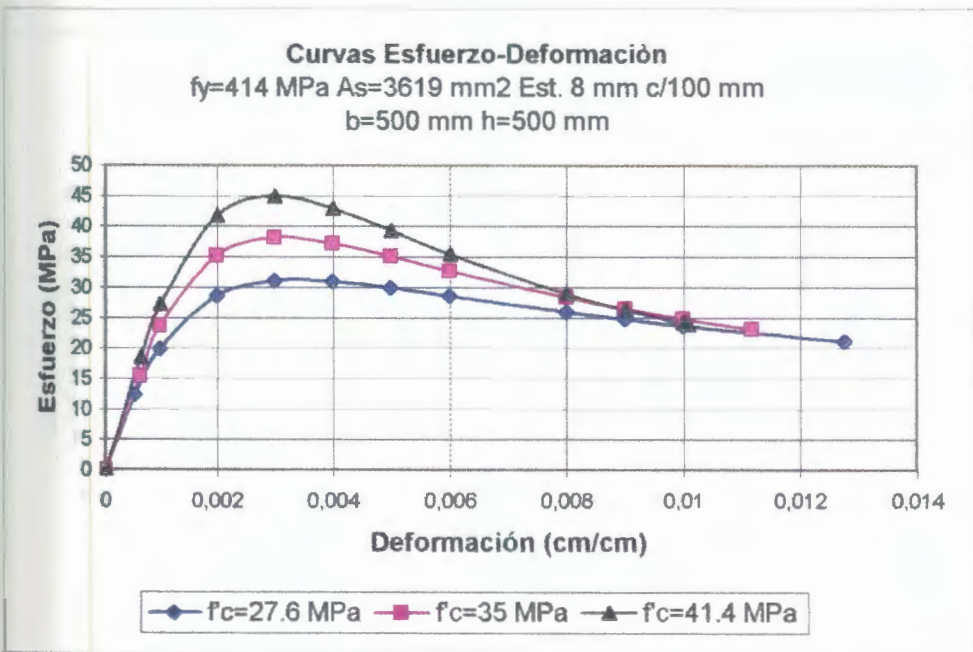


Figura A.19

**Curvas Esfuerzo-Deformación**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $A_s=4247 \text{ mm}^2$  Est. 8 mm c/100 mm  
 $b=500 \text{ mm}$   $h=600 \text{ mm}$

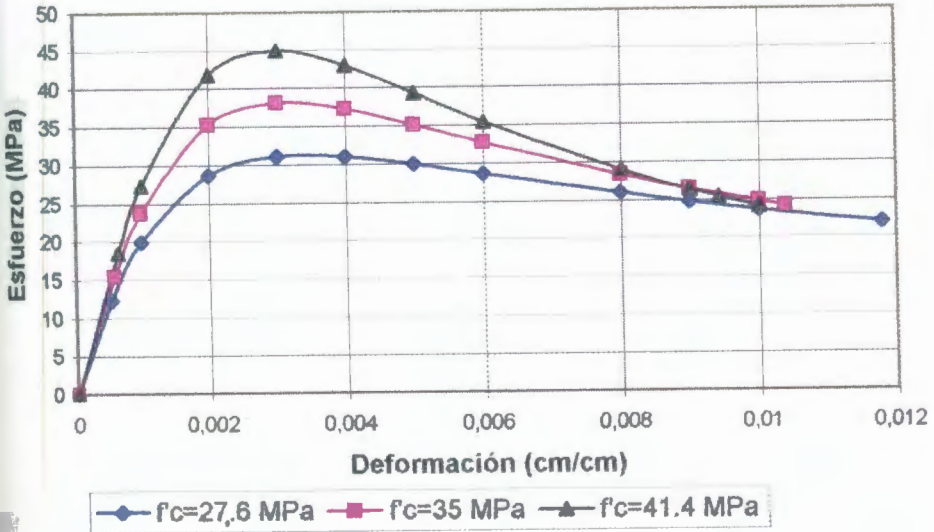


Figura A.20

**Curvas Esfuerzo-Deformación**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $A_s=4926 \text{ mm}^2$  Est. 8 mm c/100 mm  
 $b=500 \text{ cm}$   $h=70 \text{ mm}$

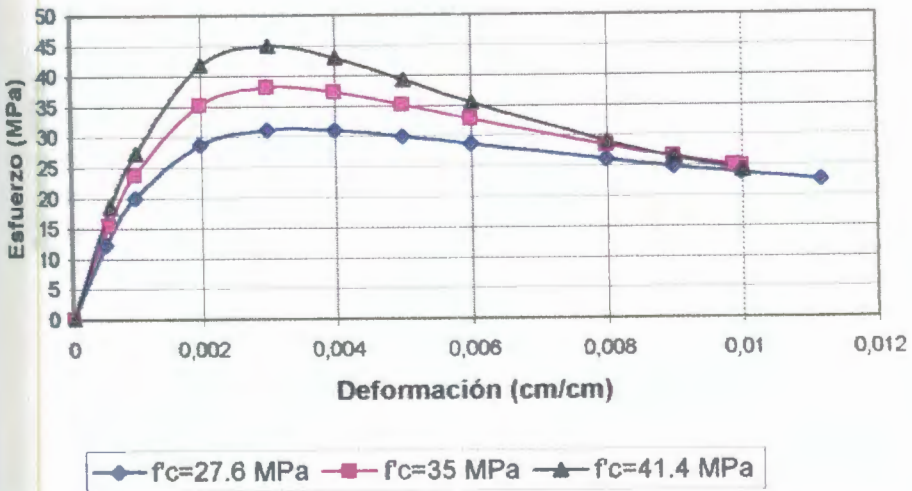


Figura A.21

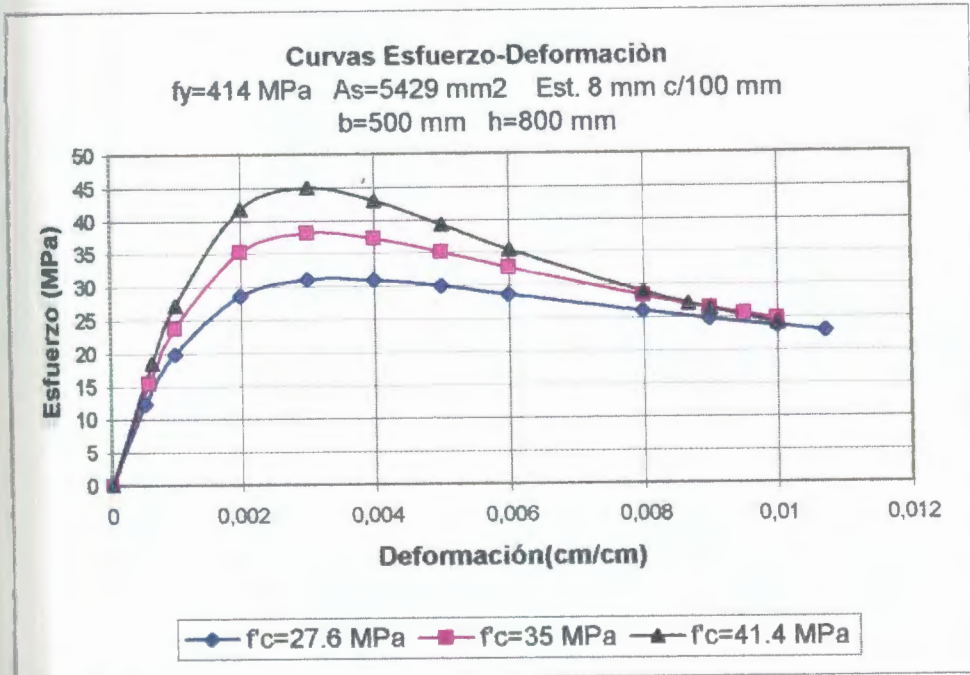


Figura A.22

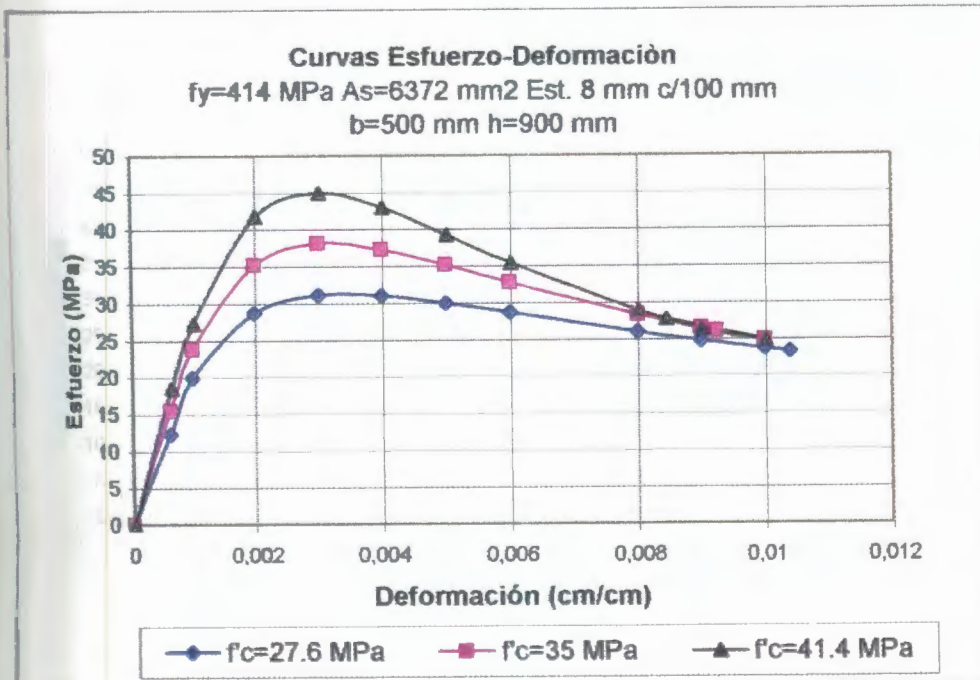


Figura A.23



**Curvas Esfuerzo-Deformación**  
 $f_y=414$  MPa  $A_s=7390$  mm<sup>2</sup> Est. 8 mm c/100 mm  
 $b=500$  mm  $h=1000$  mm

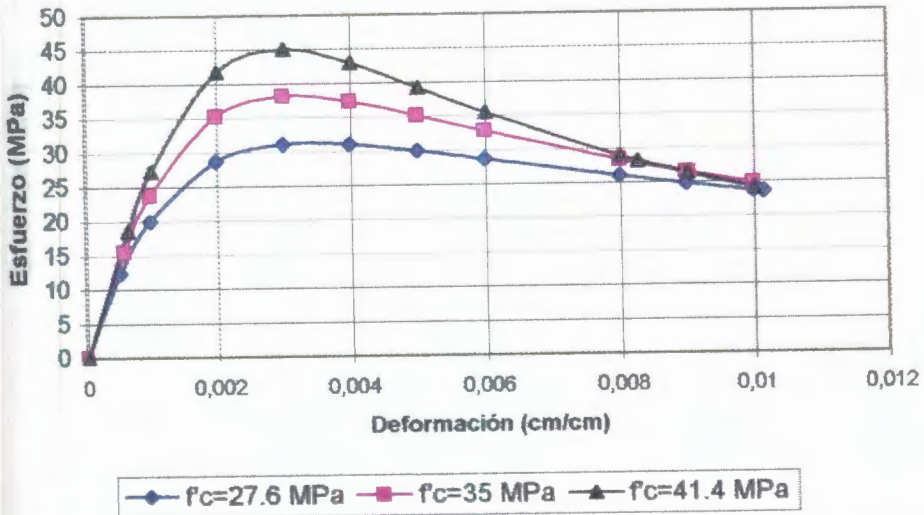


Figura A.24

**Curvas Esfuerzo-Deformación**  
 $f_y=414$  MPa  $A_s=8482$  mm<sup>2</sup> Est. 8 mm c/100 mm  
 $b=500$  mm  $h=1100$  mm

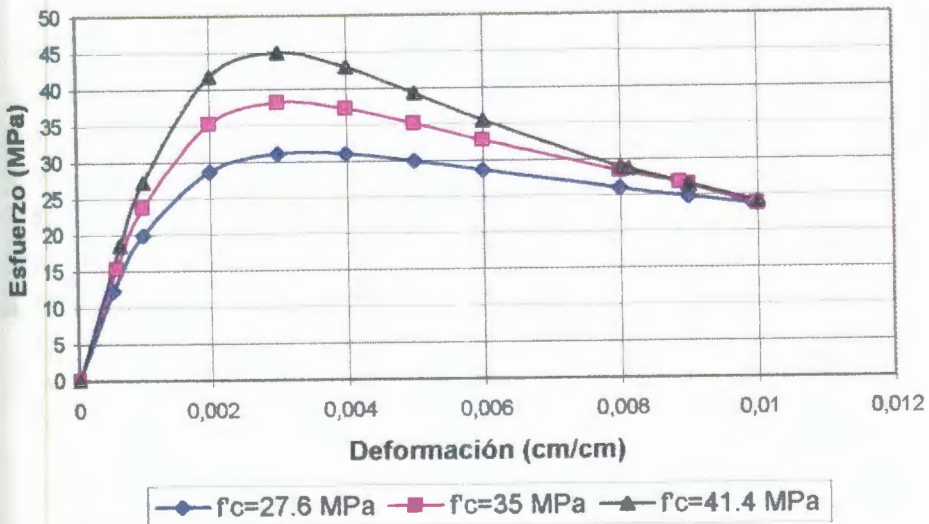


Figura A.25

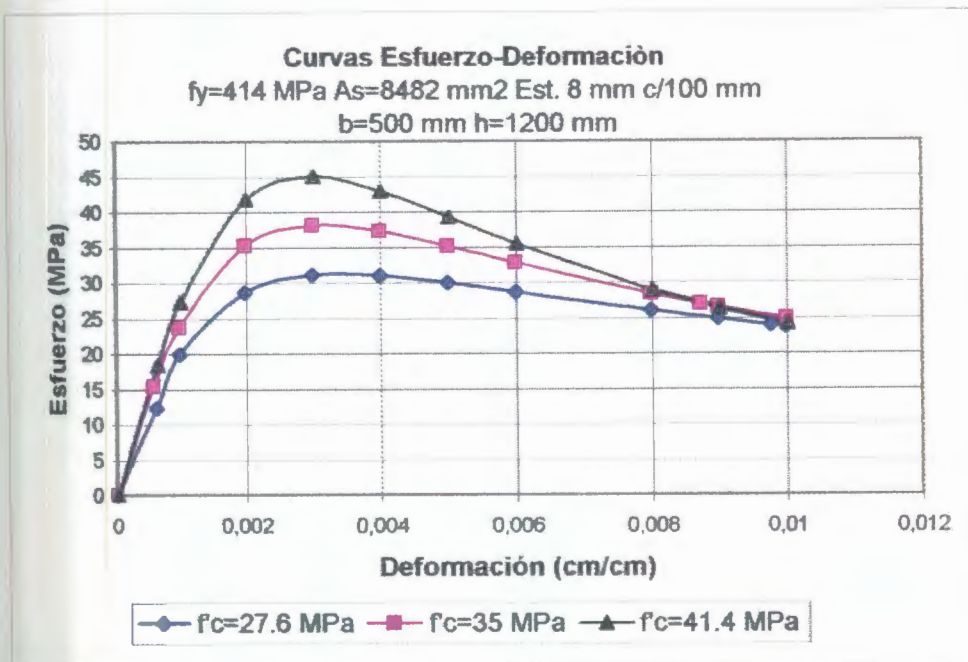
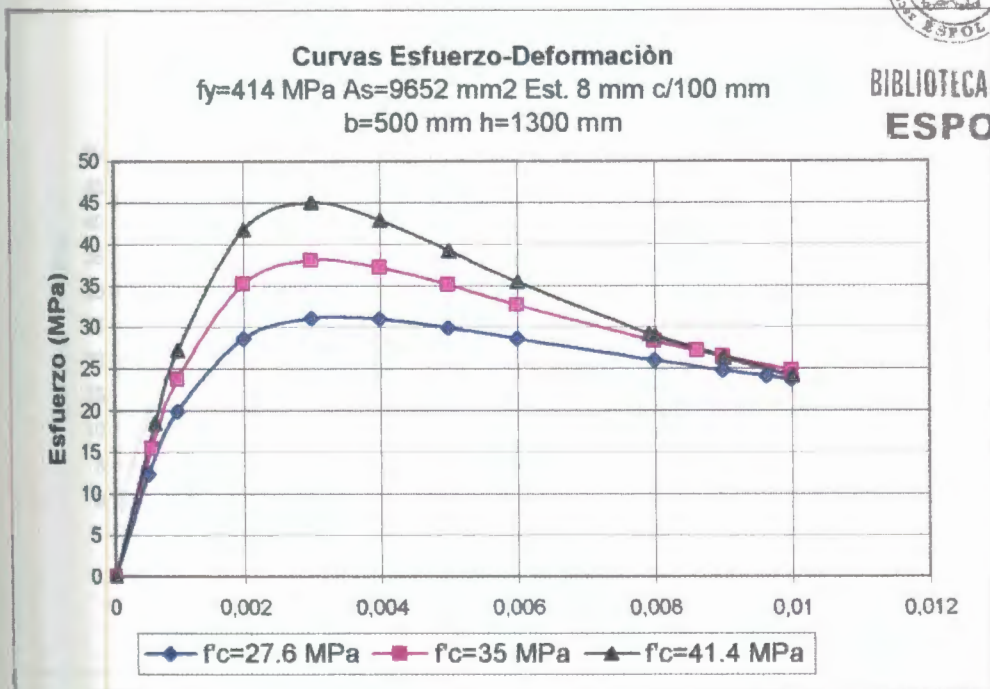


Figura A.26



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

Figura A.27



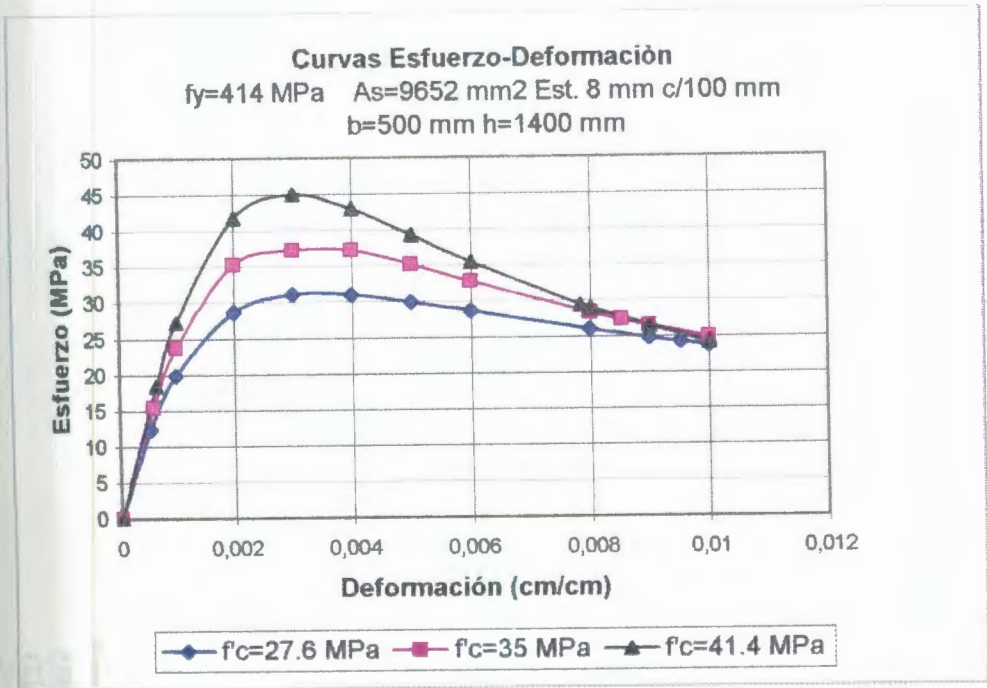


Figura A.28

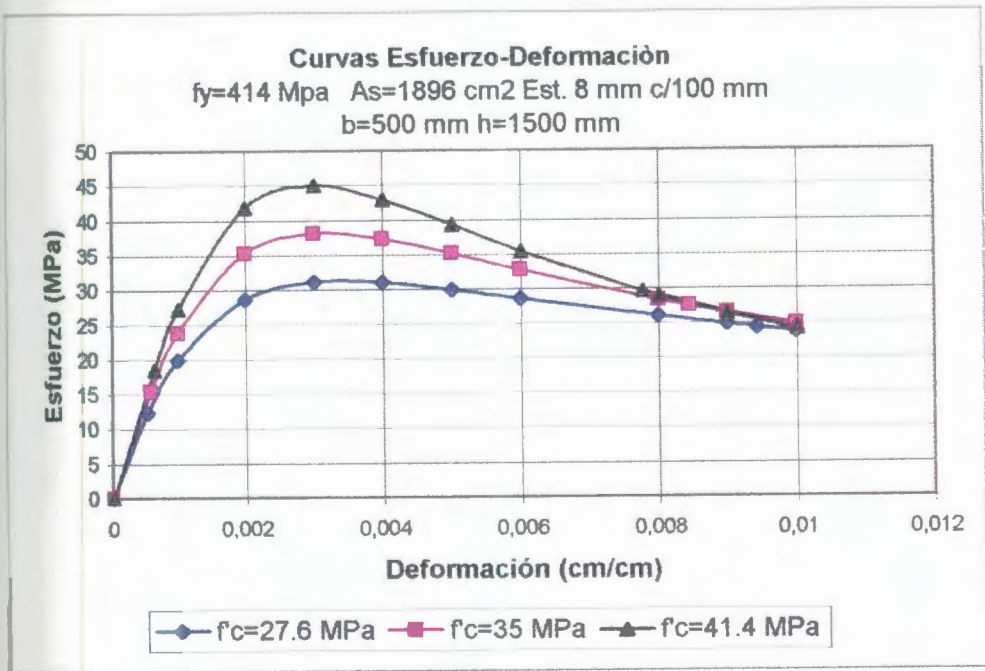


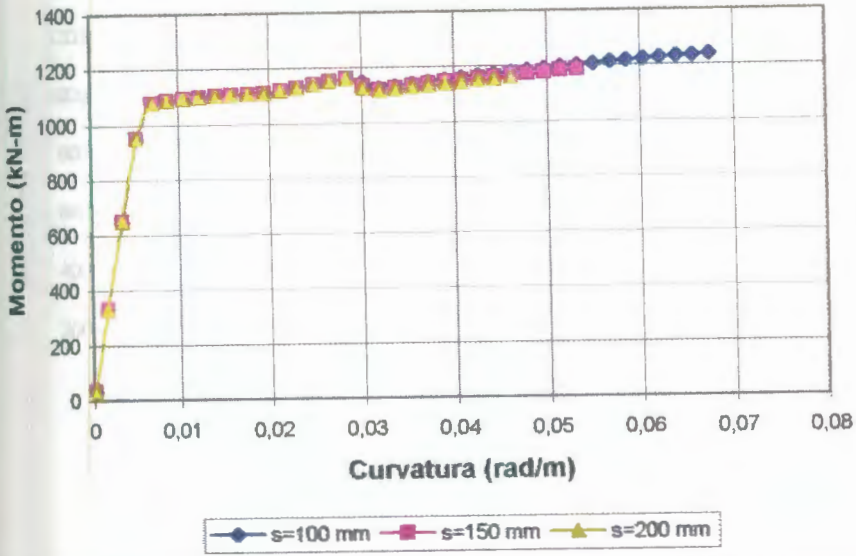
Figura A.29

# **ANEXO B**

$$\rho' / \rho = 0.25$$

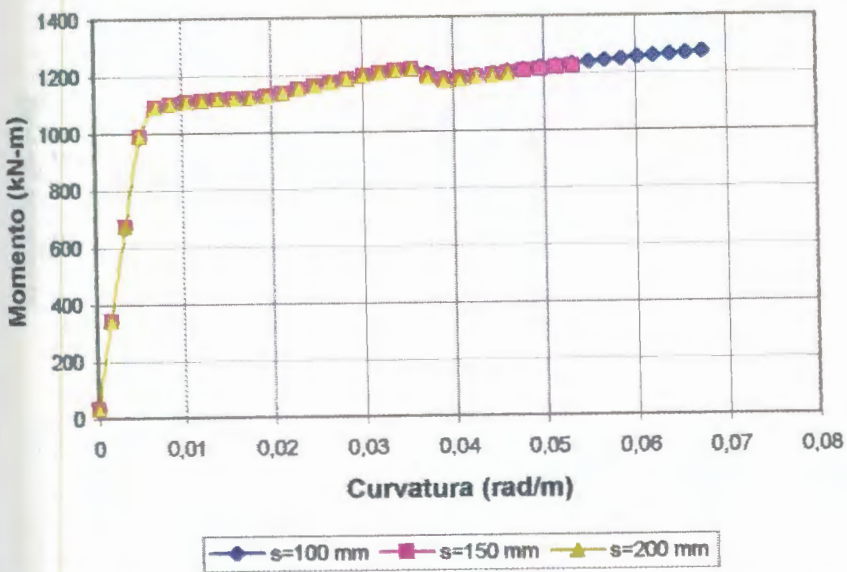
**Curvas Momento Curvatura para Vigas Rectangulares de Concreto Armado**

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 26\text{mm}$   $A's=2\Phi 26\text{mm}$  Est. 8mm



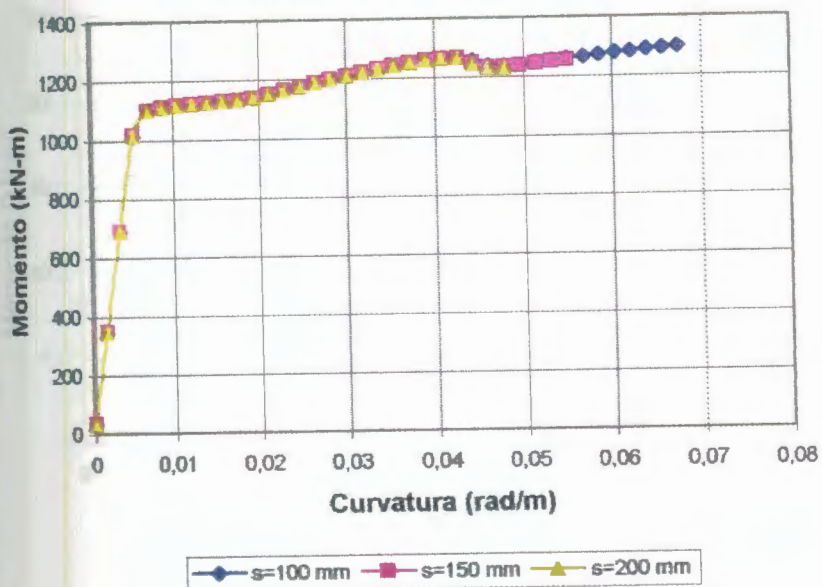
B 1

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 26\text{mm}$   $A's=2\Phi 26\text{mm}$  Est. 8mm



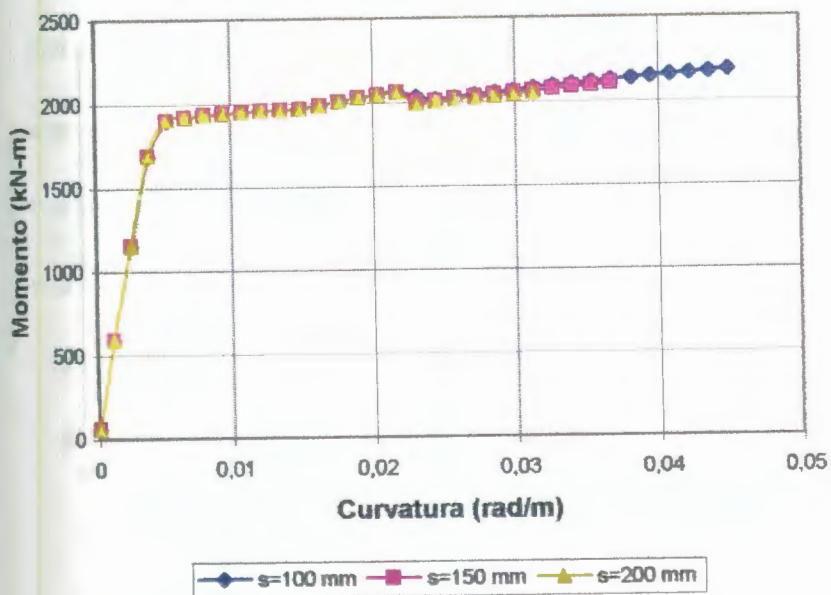
B 2

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 26\text{mm}$   $A'_s=2\Phi 26\text{mm}$  Est. 8mm



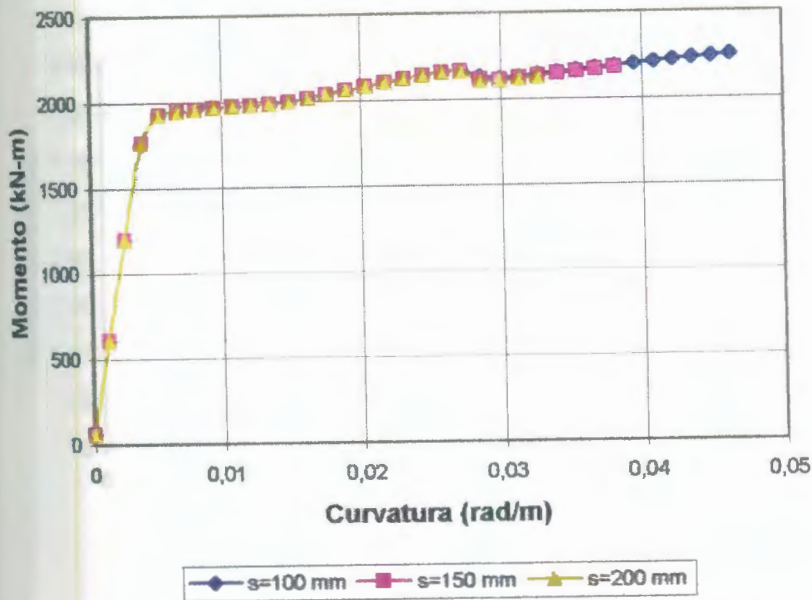
B 3

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 30\text{mm}$   $A'_s=2\Phi 30\text{mm}$  Est. 8mm



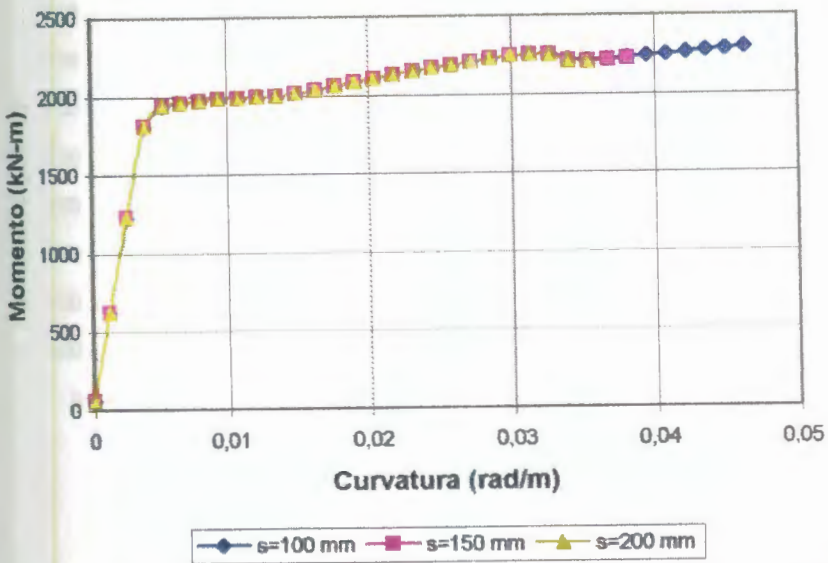
B 4

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 30\text{mm}$   $A'_s=2\Phi 30\text{mm}$  Est. 8mm



B 5

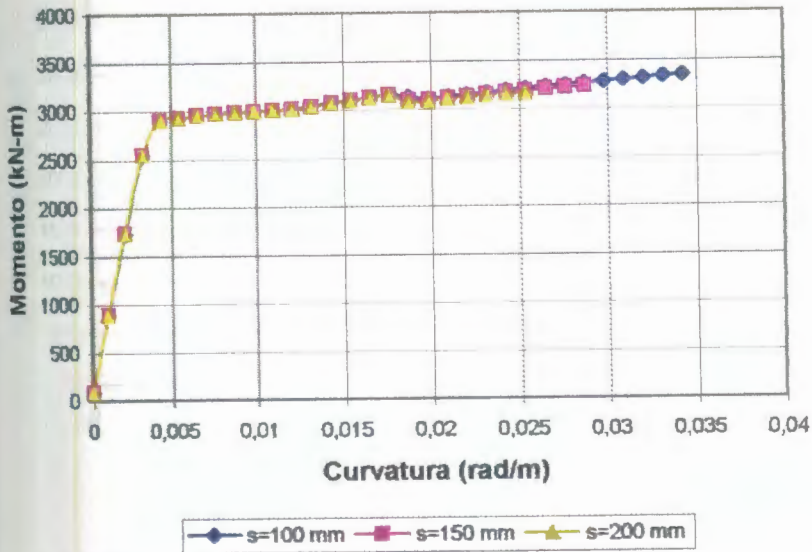
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 30\text{mm}$   $A'_s=2\Phi 30\text{mm}$  Est. 8mm



B 6

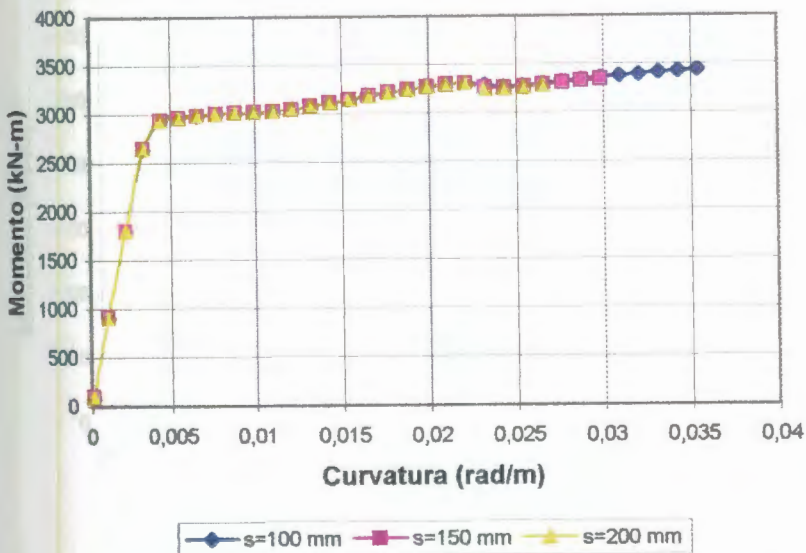


**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1100\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 30\text{mm}$   $A's=3\Phi 28\text{mm}$  Est. 8mm



B 7

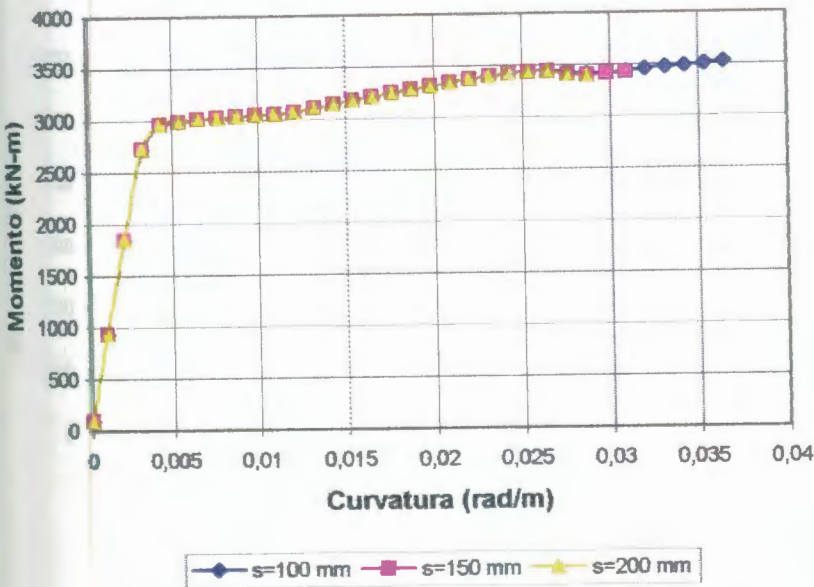
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1100\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 30\text{mm}$   $A's=3\Phi 28\text{mm}$  Est. 8mm



B 8



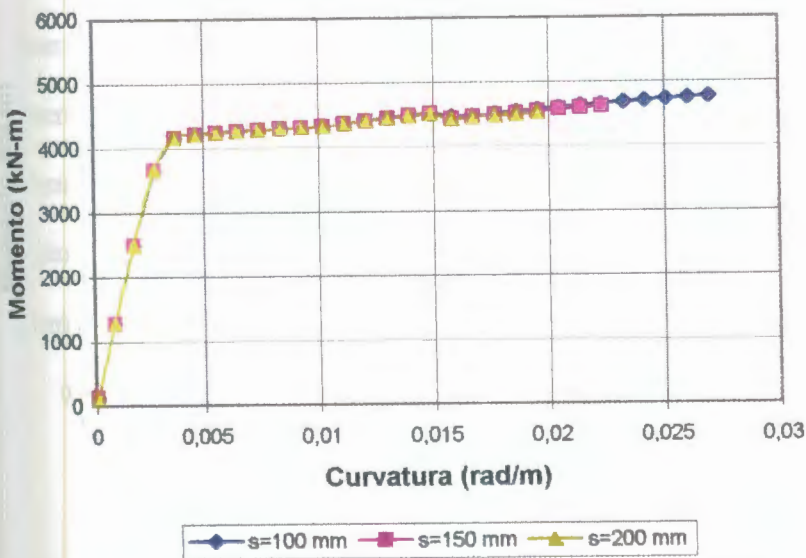
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=500 \text{ mm}$   $h=1100 \text{ mm}$   
 $A_s=10\Phi 30 \text{ mm}$   $A'_s=3\Phi 28 \text{ mm}$  Est. 8mm



B 9

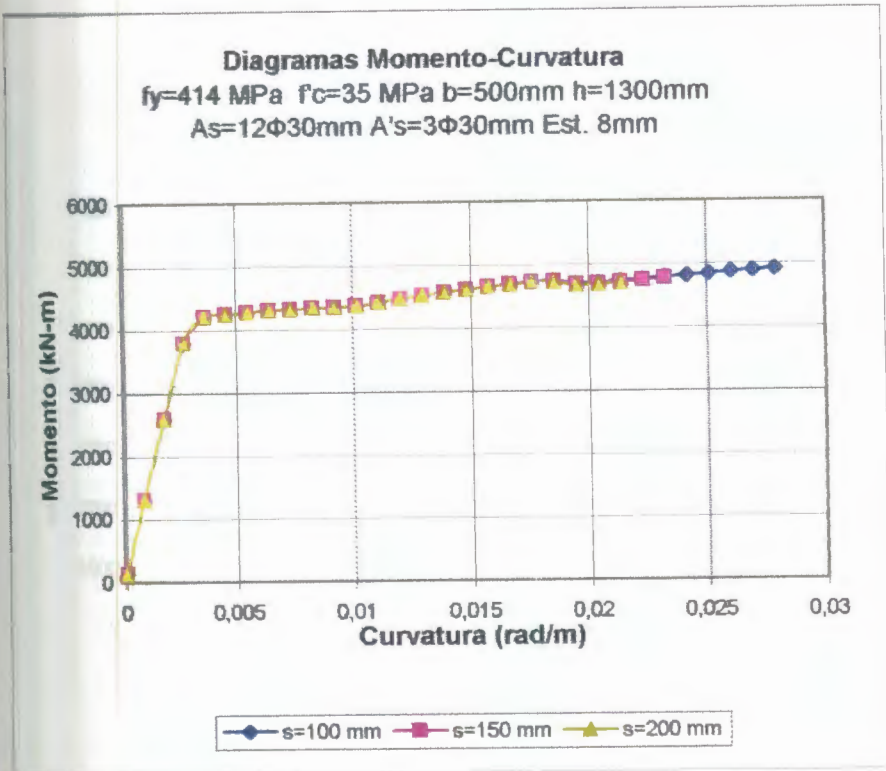


**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=500 \text{ mm}$   $h=1300 \text{ mm}$   
 $A_s=12\Phi 30 \text{ mm}$   $A'_s=3\Phi 30 \text{ mm}$  Est. 8mm

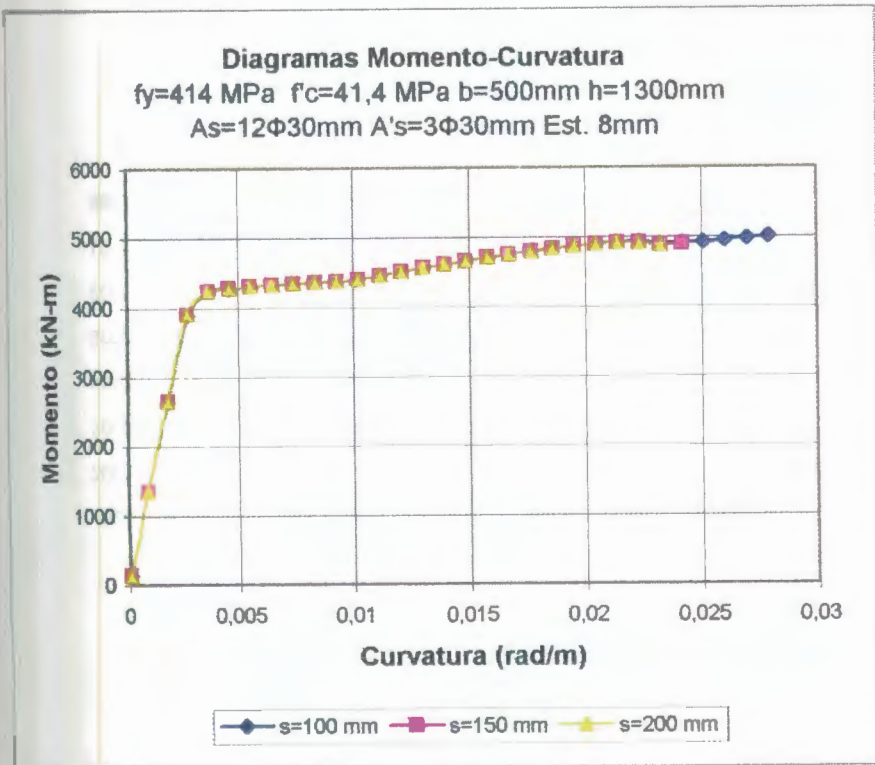


BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

B 10

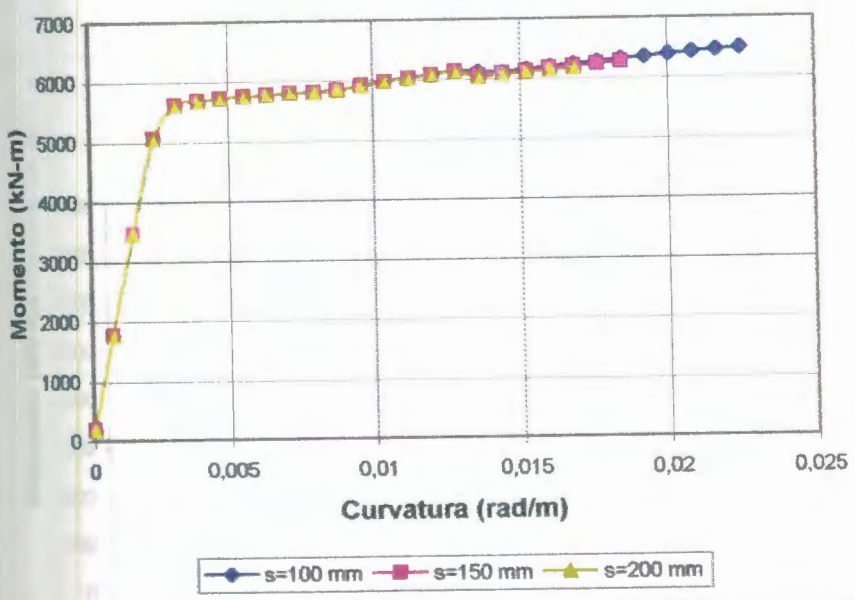


B 11



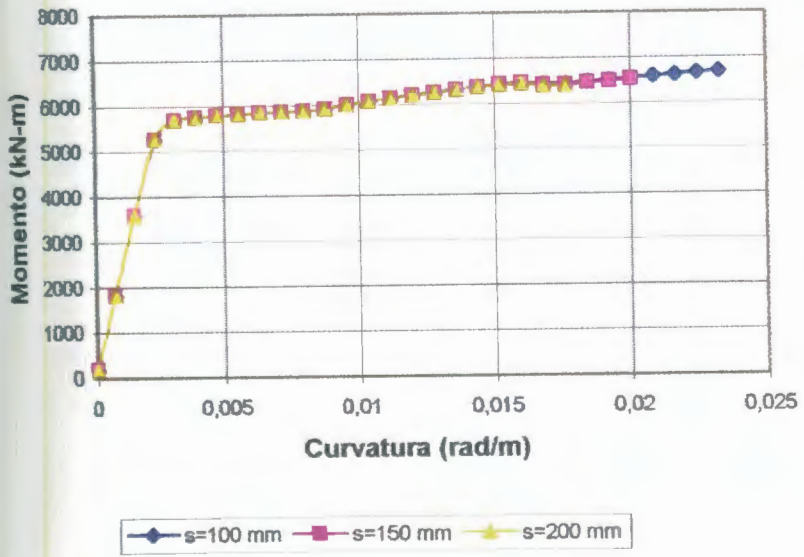
B 12

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1500\text{mm}$   
 $A_s=12\Phi 32\text{mm}$   $A'_s=3\Phi 32\text{mm}$  Est. 8mm



B 13

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=150\text{mm}$   
 $A_s=12\Phi 32\text{mm}$   $A'_s=3\Phi 32\text{mm}$  Est. 8mm

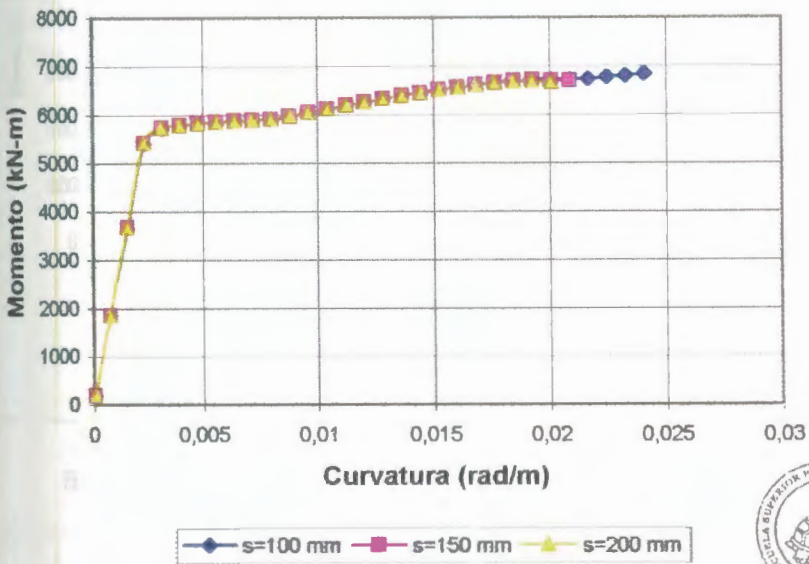


B 14

### Diagramas Momento-Curvatura

$f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1500\text{mm}$

$A_s=12\Phi 32\text{mm}$   $A's=3\Phi 32\text{mm}$  Est. 8mm

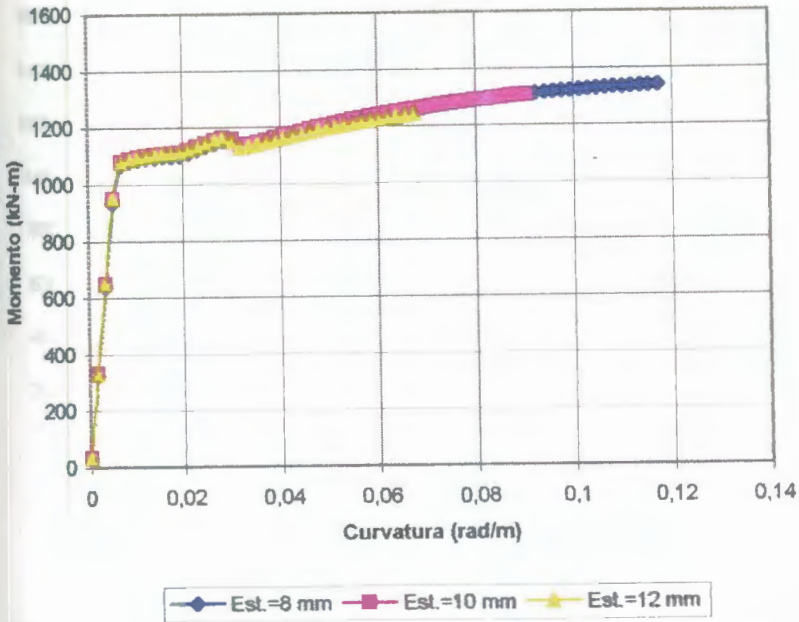


B 15



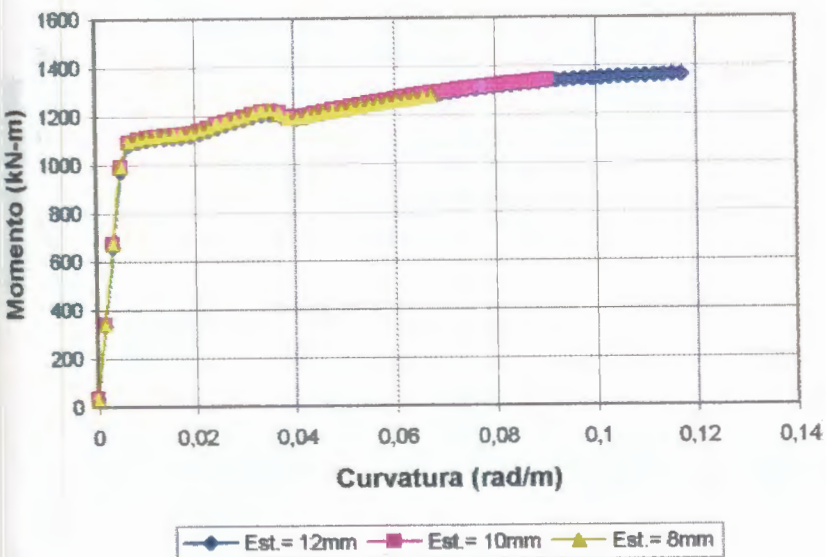
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 26\text{mm}$   $A'_s=2\Phi 26\text{m}$   $s=100\text{mm}$



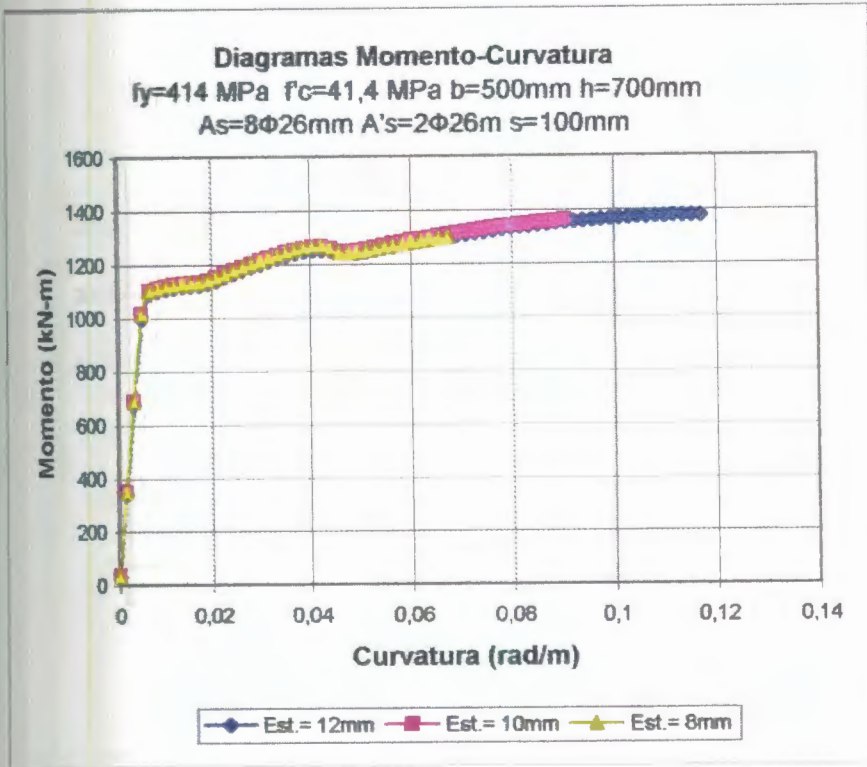
B 1.1

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 26\text{mm}$   $A'_s=2\Phi 26\text{m}$   $s=100\text{mm}$



B 1.2

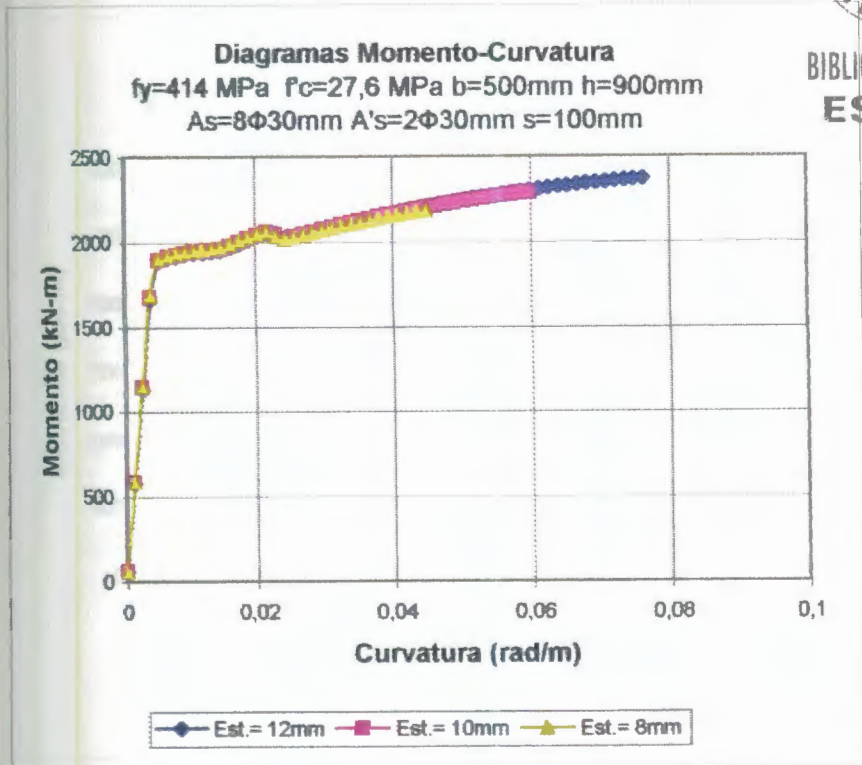




B 1.3

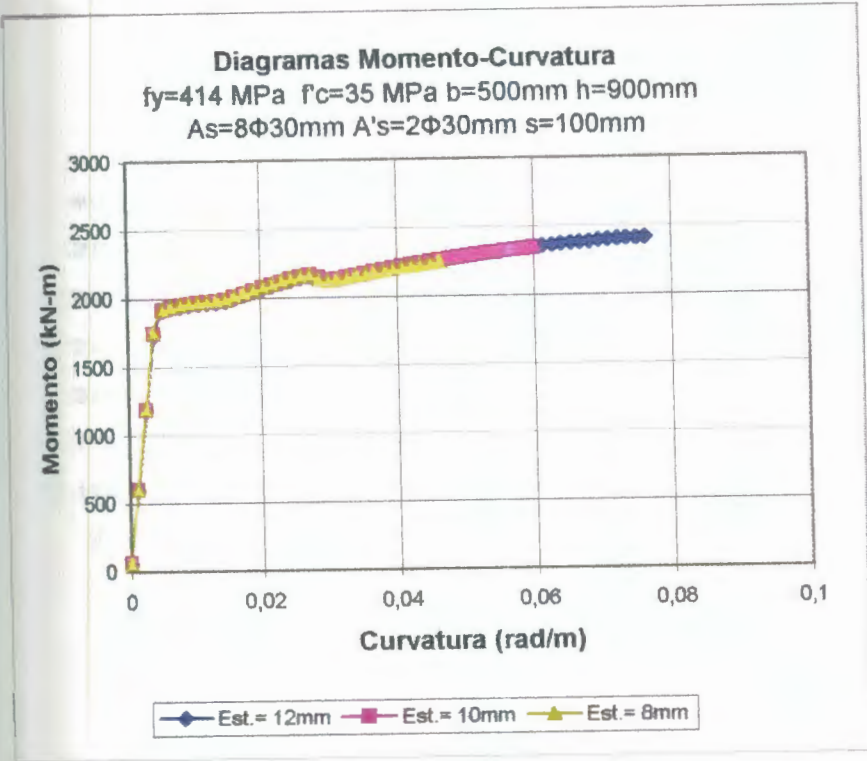


BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

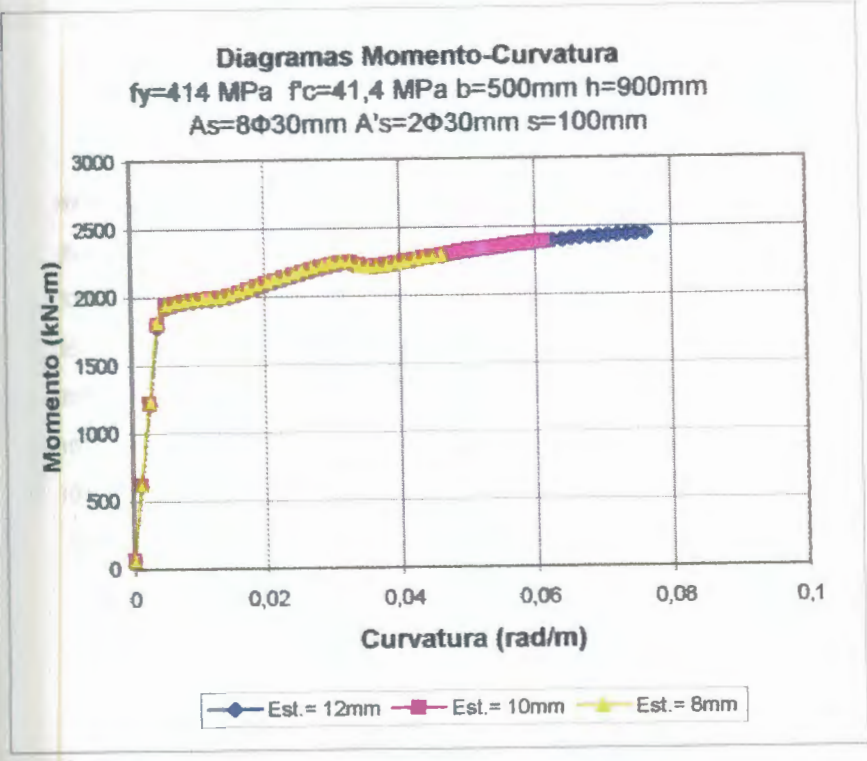


B 1.4



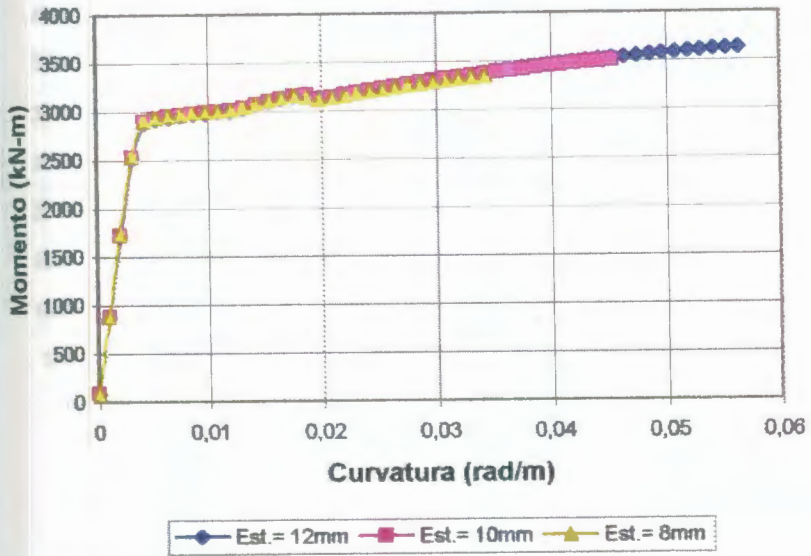


B 1.5



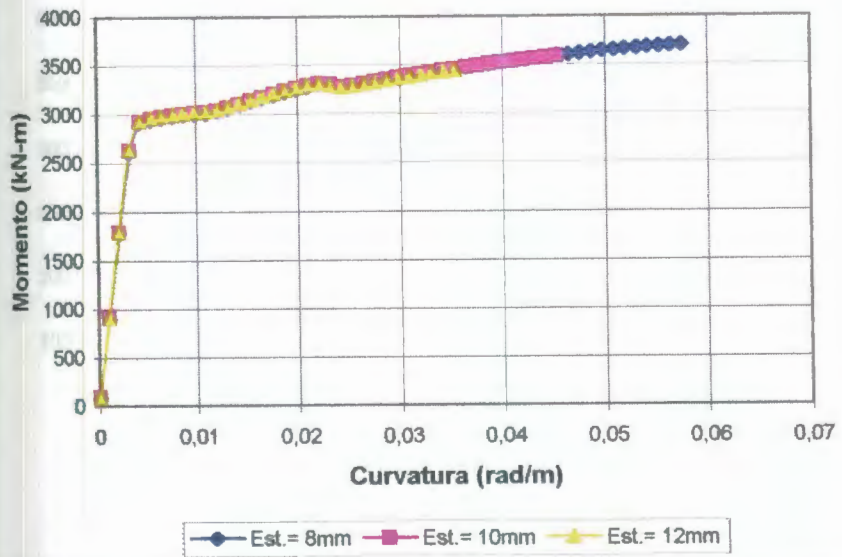
B 1.6

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1100\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 30\text{mm}$   $A'_s=3\Phi 28\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



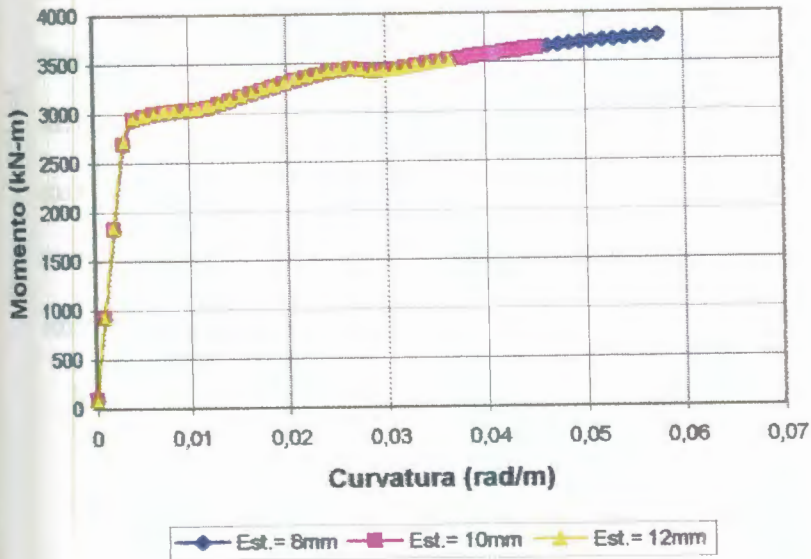
B 1.7

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1100\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 30\text{mm}$   $A'_s=3\Phi 28\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



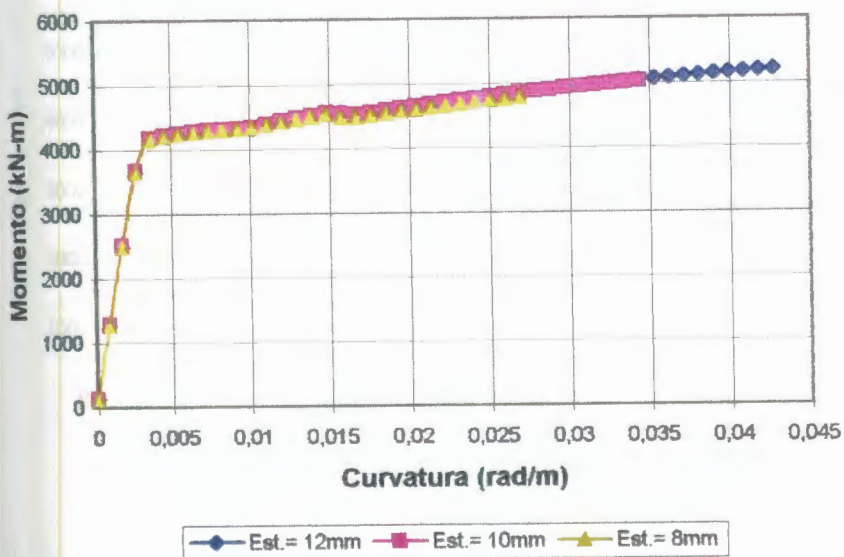
B 1.8

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1100\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 30\text{mm}$   $A's=3\Phi 28\text{mm}$   $s=100\text{mm}$

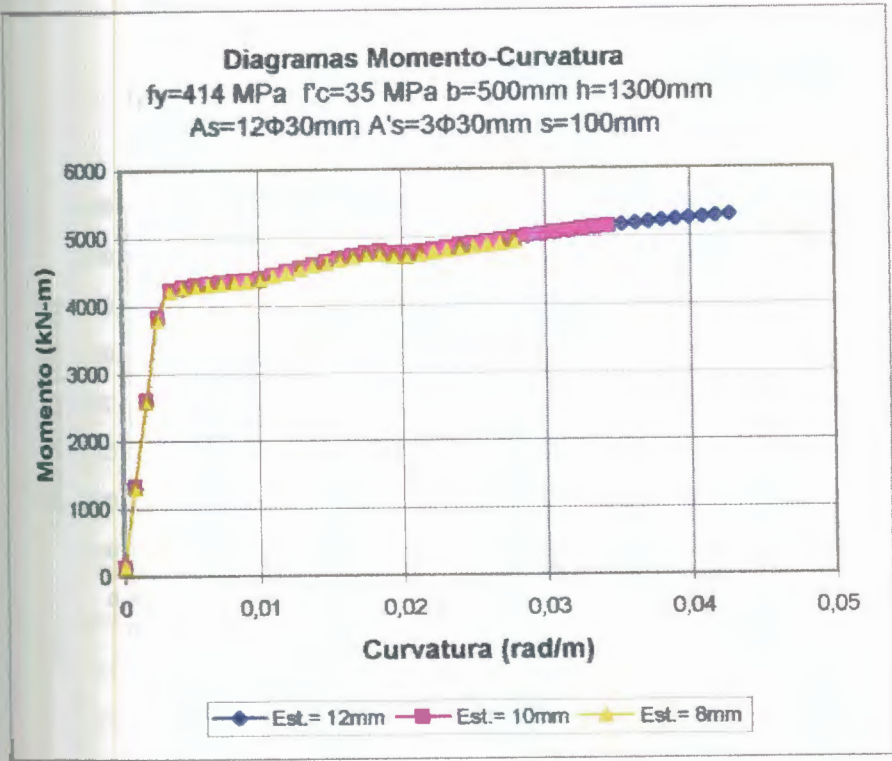


B 1.9

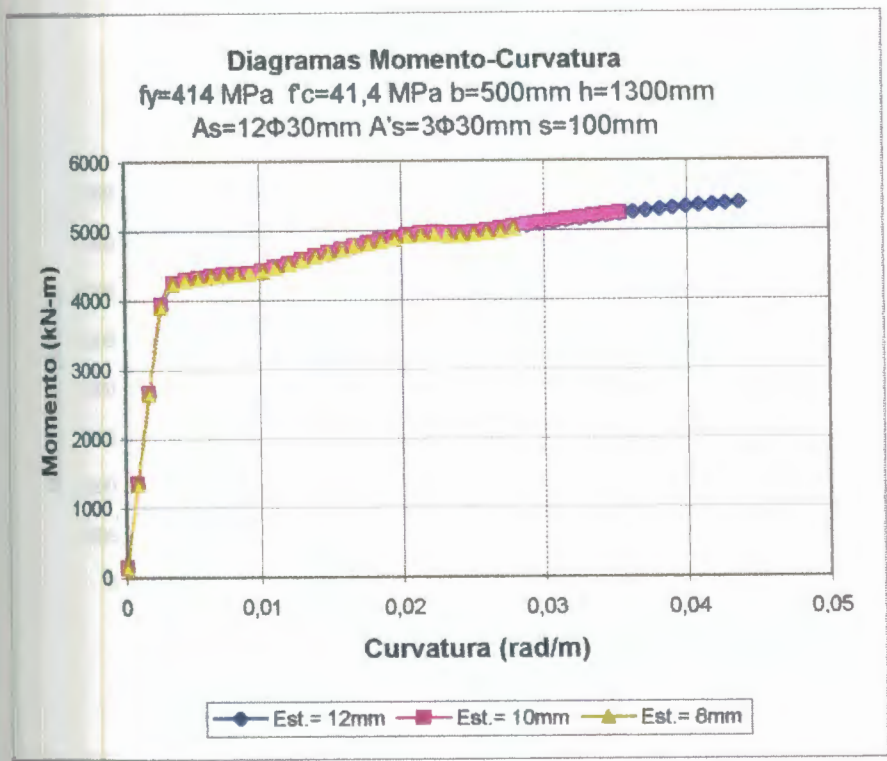
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1300\text{mm}$   
 $A_s=12\Phi 30\text{mm}$   $A's=3\Phi 30\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



B 1.10

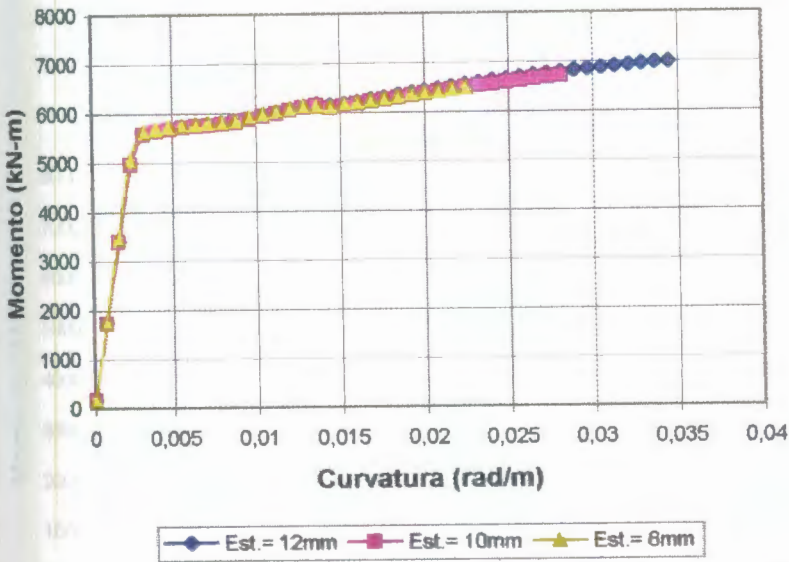


B 1.11



B 1.12

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1500\text{mm}$   
 $A_s=12\Phi 32\text{mm}$   $A's=3\Phi 32\text{mm}$   $s=100\text{mm}$

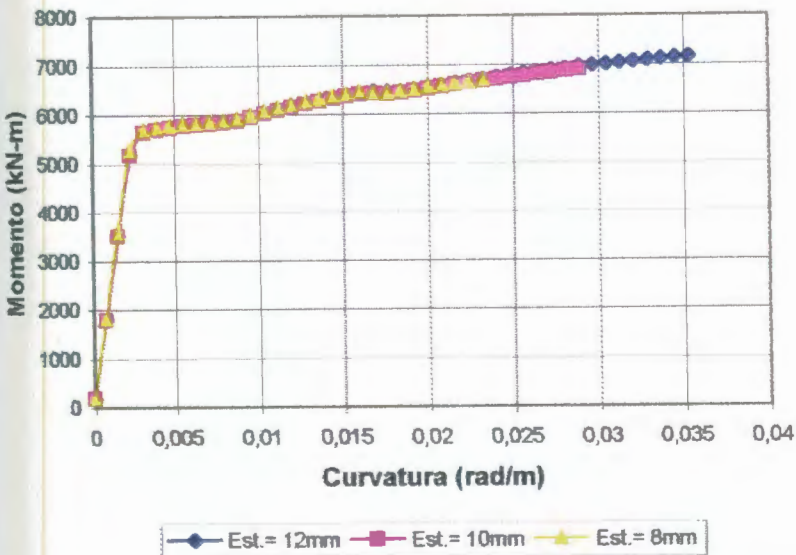


B 1.13



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1500\text{mm}$   
 $A_s=12\Phi 32\text{mm}$   $A's=3\Phi 32\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



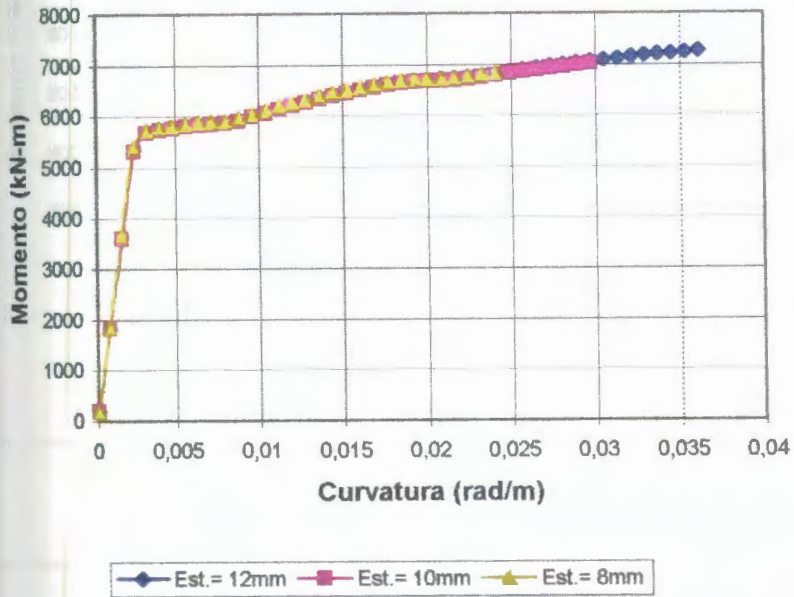
B 1.14



### Diagramas Momento-Curvatura

$f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1500\text{mm}$

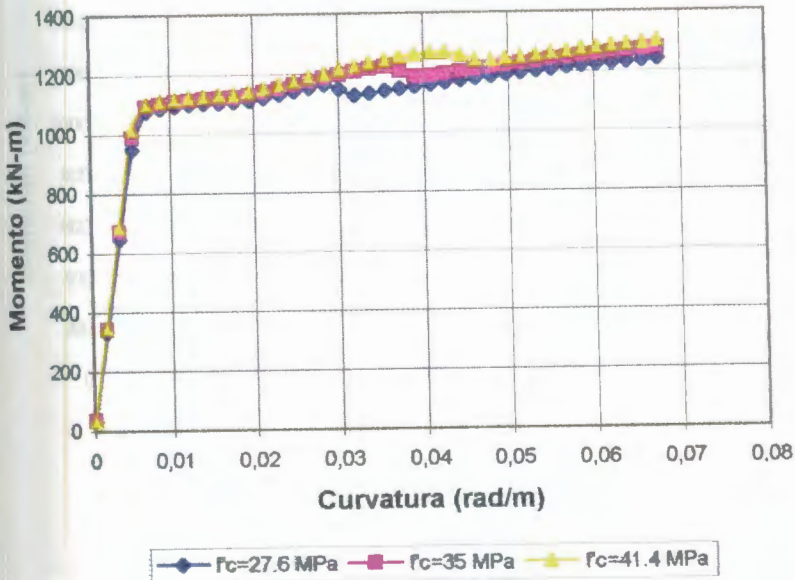
$A_s=12\Phi 32\text{mm}$   $A's=3\Phi 32\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



B 1.15

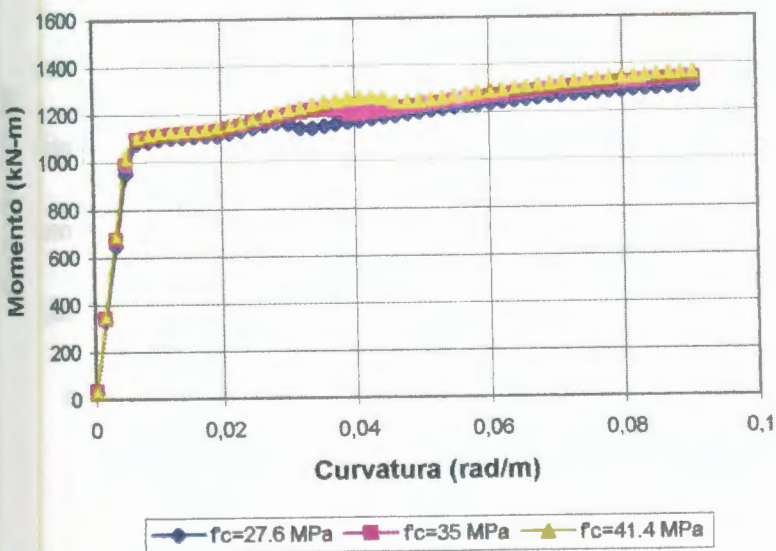


**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   $A_s=8\Phi 26\text{mm}$   
 $A's=2\Phi 26 \text{ mm Est. } 8\text{mm } c/100 \text{ mm}$



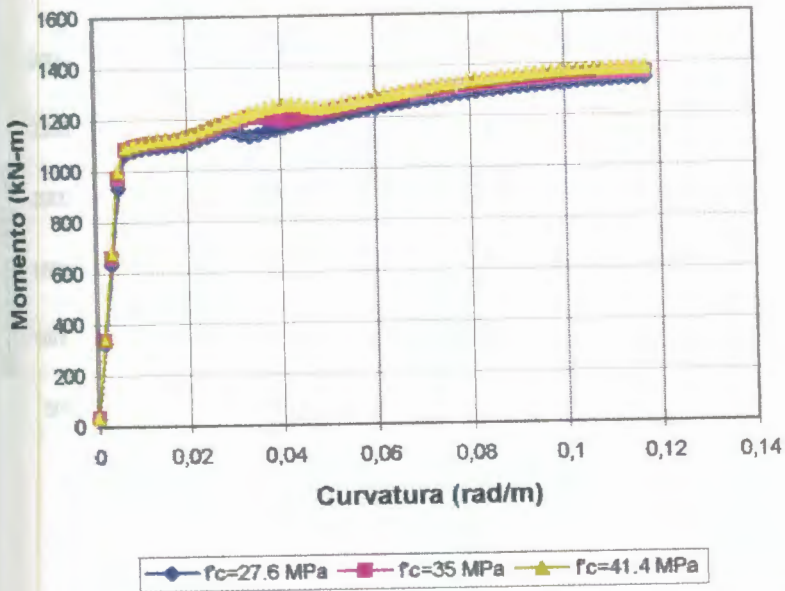
B 2.1

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   $A_s=8\Phi 26\text{mm}$   
 $A's=2\Phi 26 \text{ mm Est. } 10\text{mm } c/100 \text{ mm}$



B 2.2

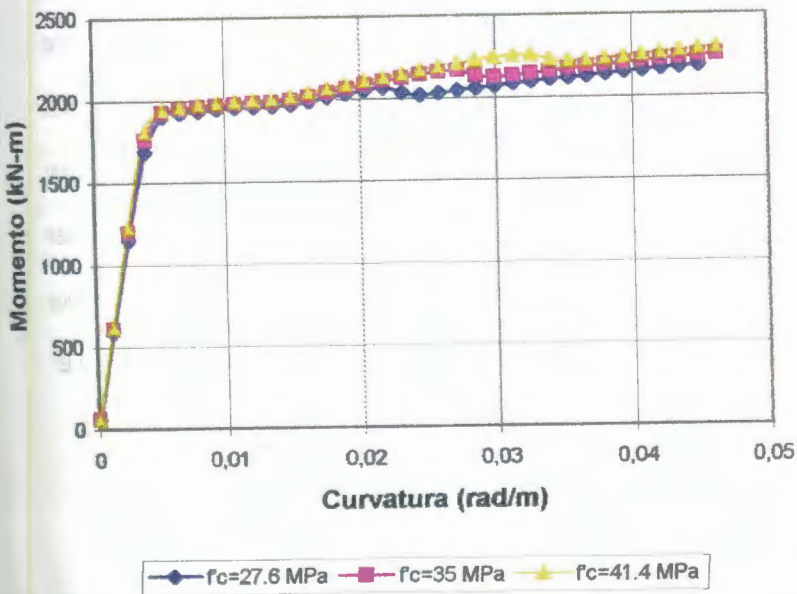
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   $A_s=8\Phi 26\text{mm}$   
 $A'_s=2\Phi 26 \text{ mm Est. } 12\text{mm c}/100 \text{ mm}$



B 2,3



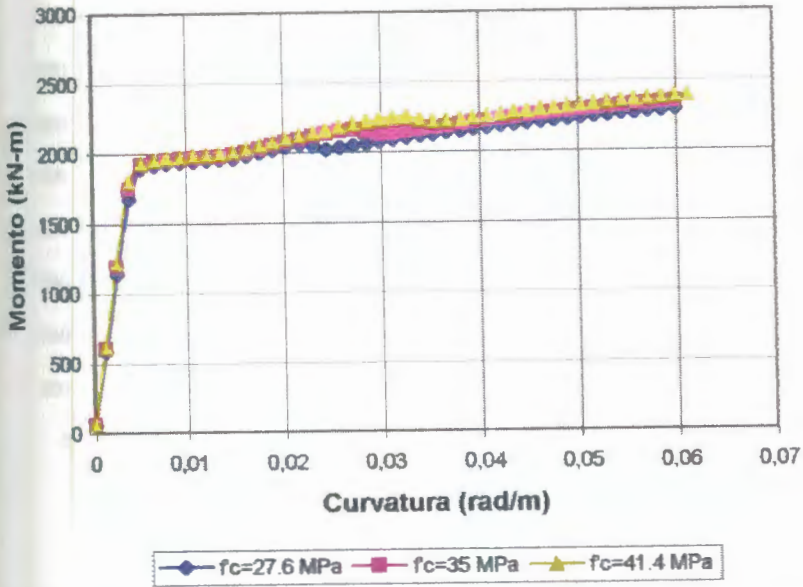
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   $A_s=8\Phi 30\text{mm}$   
 $A'_s=2\Phi 30 \text{ mm Est. } 8\text{mm c}/100 \text{ mm}$



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

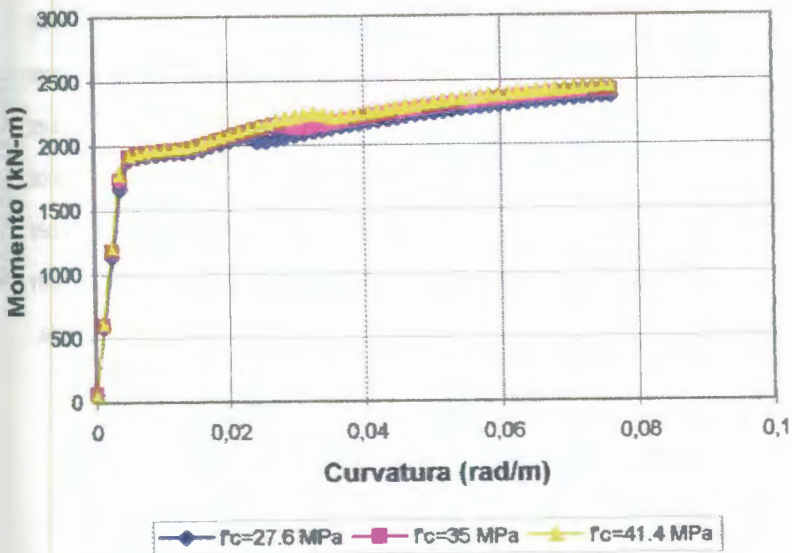
B 2.4

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   $A_s=8\Phi 30\text{mm}$   
 $A's=2\Phi 30 \text{ mm Est. } 10\text{mm c}/100 \text{ mm}$

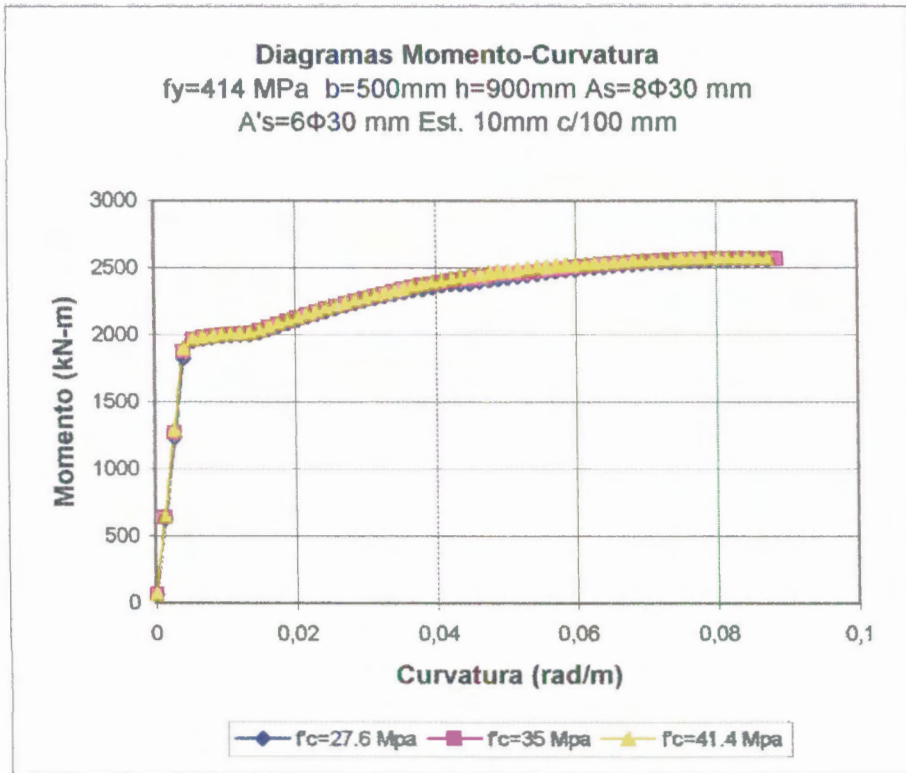


B 2.5

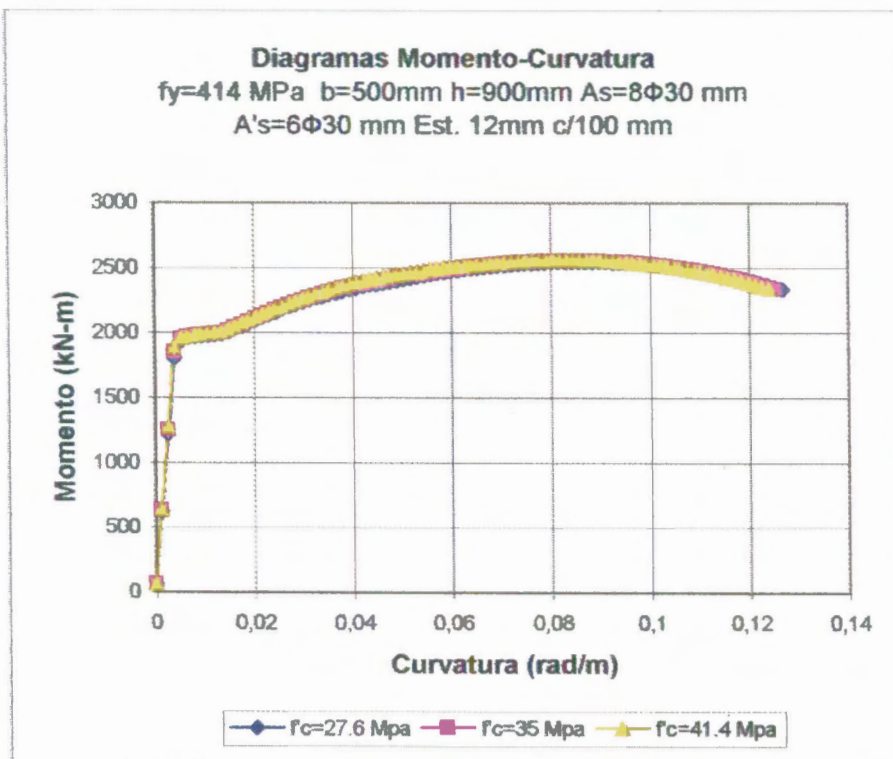
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   $A_s=8\Phi 30\text{mm}$   
 $A's=2\Phi 30 \text{ mm Est. } 12\text{mm c}/100 \text{ mm}$



B 2.6

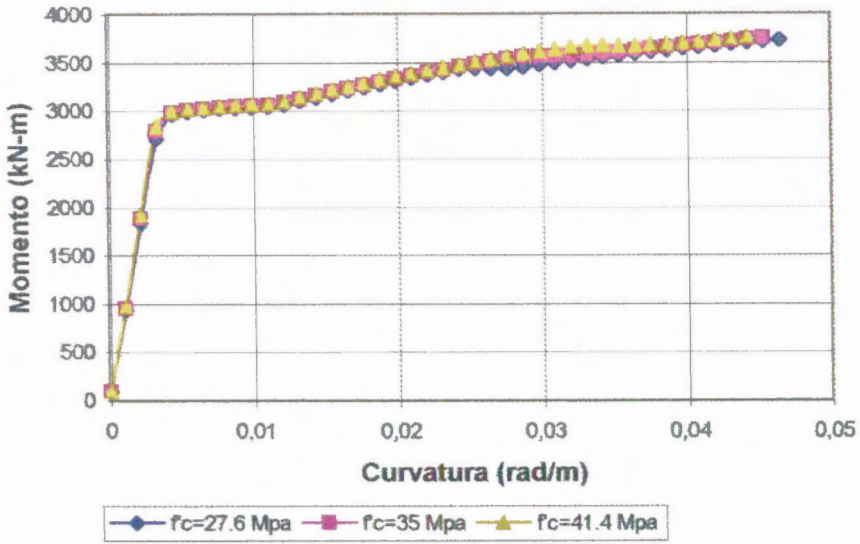


B 2.5



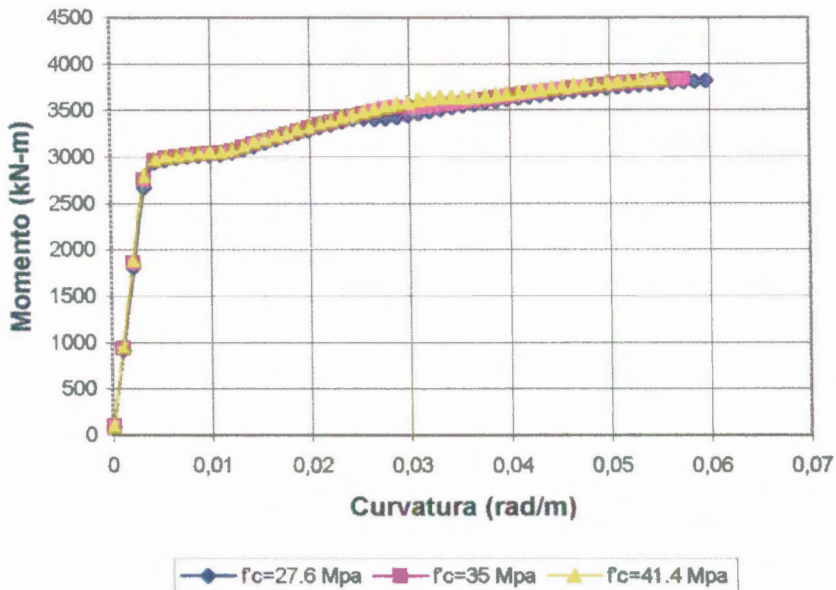
B 2.6

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1100\text{mm}$   $A_s=10\Phi 30 \text{ mm}$   
 $A's=7\Phi 30 \text{ mm Est. } 8\text{mm } c/100 \text{ mm}$



B 2.7

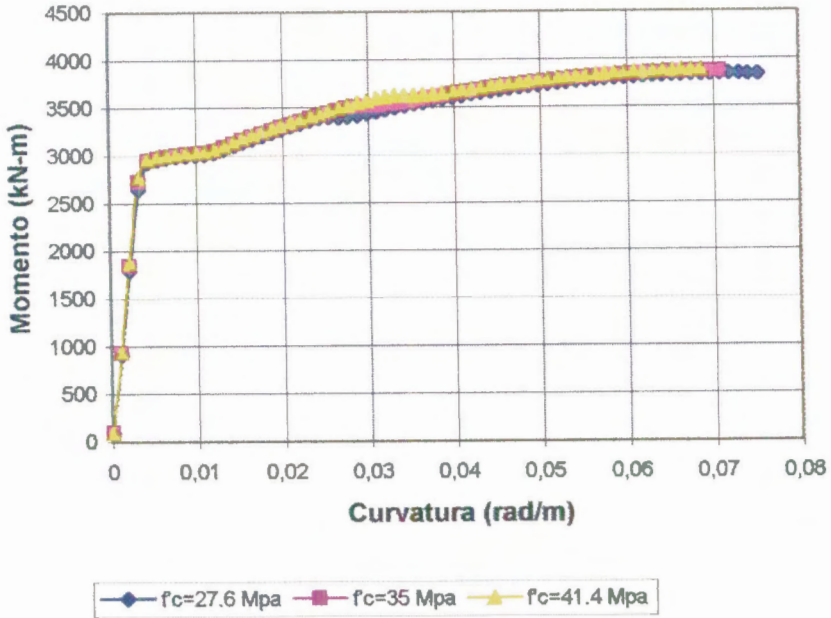
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1100\text{mm}$   $A_s=10\Phi 30 \text{ mm}$   
 $A's=7\Phi 30 \text{ mm Est. } 10\text{mm } c/100 \text{ mm}$



B 2.8

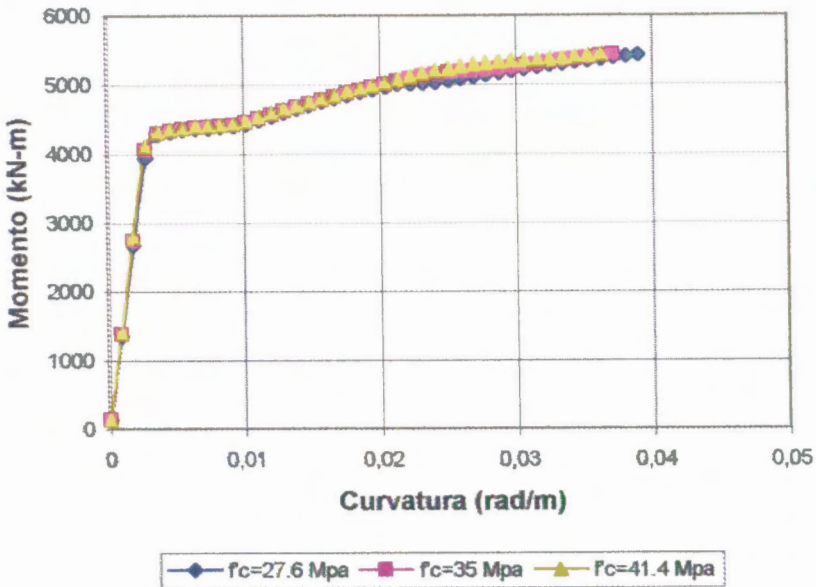


**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1100\text{mm}$   $A_s=10\Phi 30 \text{ mm}$   
 $A's=7\Phi 30 \text{ mm Est. } 12\text{mm } c/100 \text{ mm}$



B 2.9

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1300\text{mm}$   $A_s=12\Phi 30 \text{ mm}$   
 $A's=9\Phi 30 \text{ mm Est. } 8\text{mm } c/100 \text{ mm}$

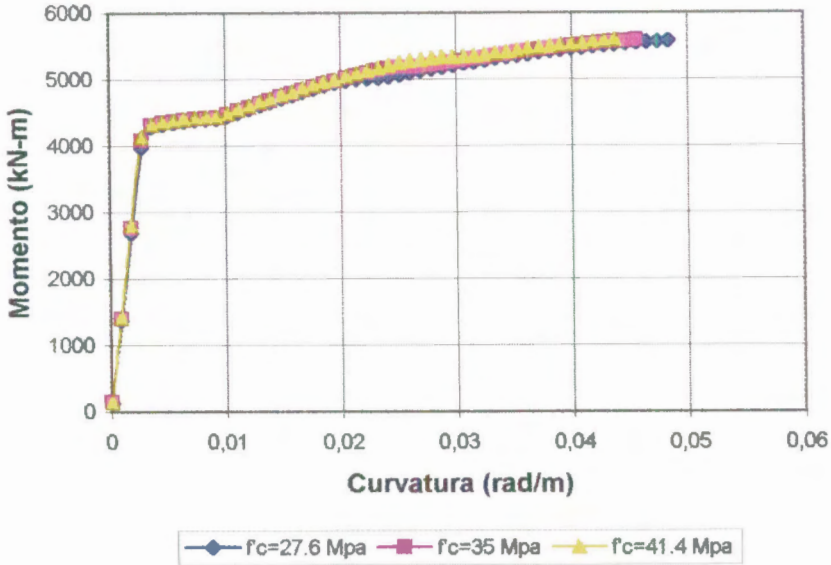


B 2.10



### Diagramas Momento-Curvatura

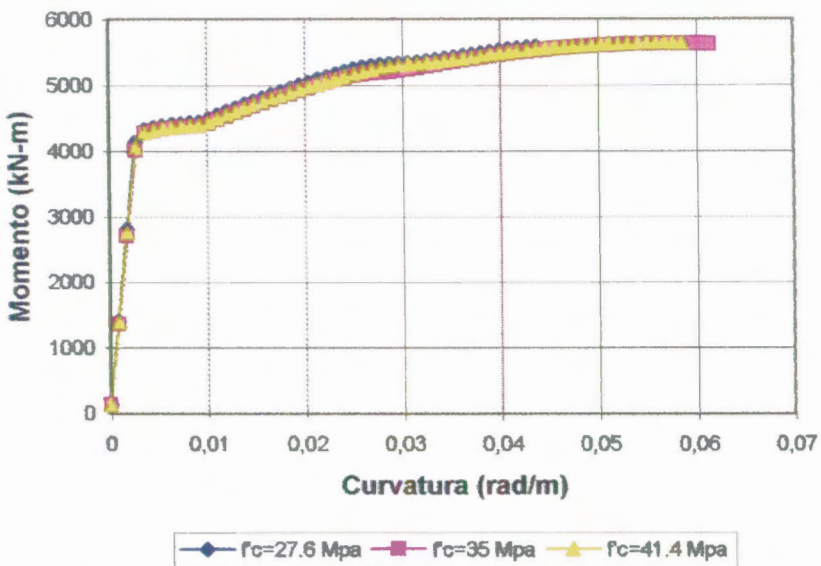
$f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1300\text{mm}$   $A_s=12\Phi 30 \text{ mm}$   
 $A's=9\Phi 30 \text{ mm Est. } 10\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$



B 2.11

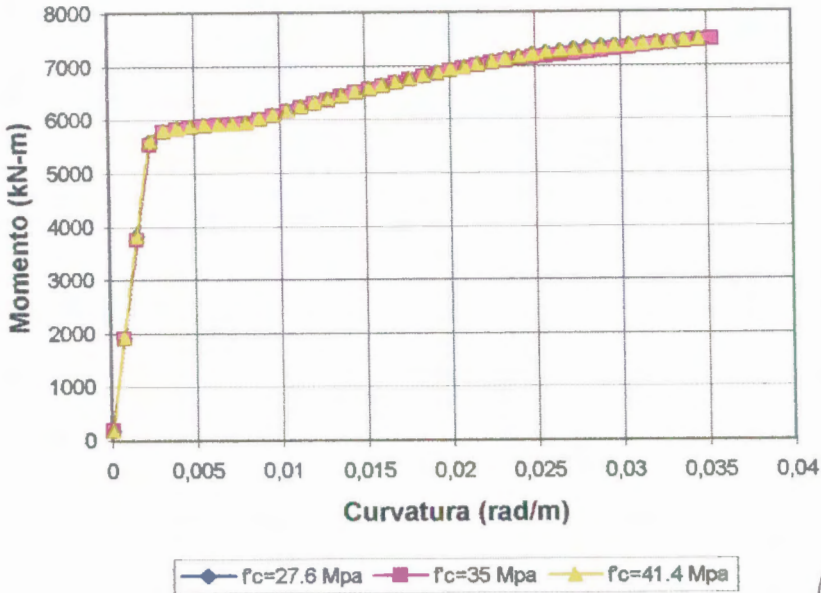
### Diagramas Momento-Curvatura

$f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1300\text{mm}$   $A_s=12\Phi 30 \text{ mm}$   
 $A's=9\Phi 30 \text{ mm Est. } 12\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$



B 2.12

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1500\text{mm}$   $A_s=12\Phi 32 \text{ mm}$   
 $A's=9\Phi 32 \text{ mm Est. } 8\text{mm } c/100 \text{ mm}$

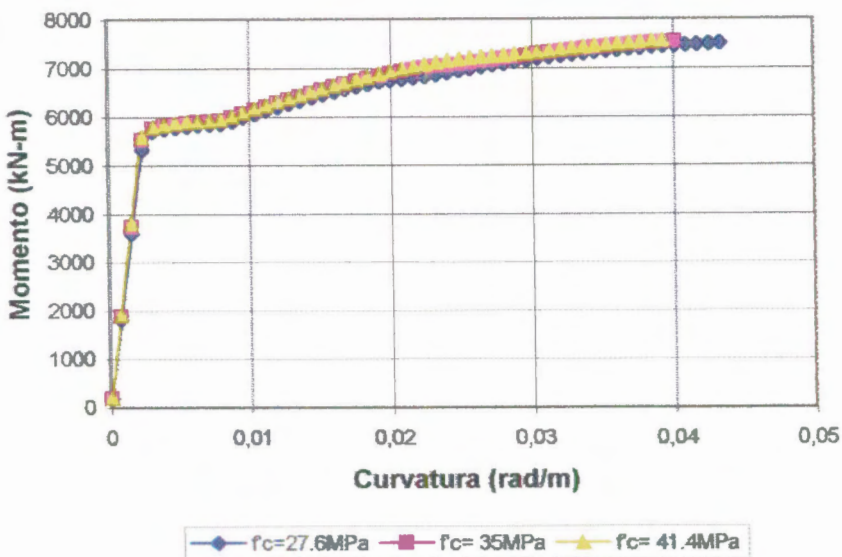


B 2.13



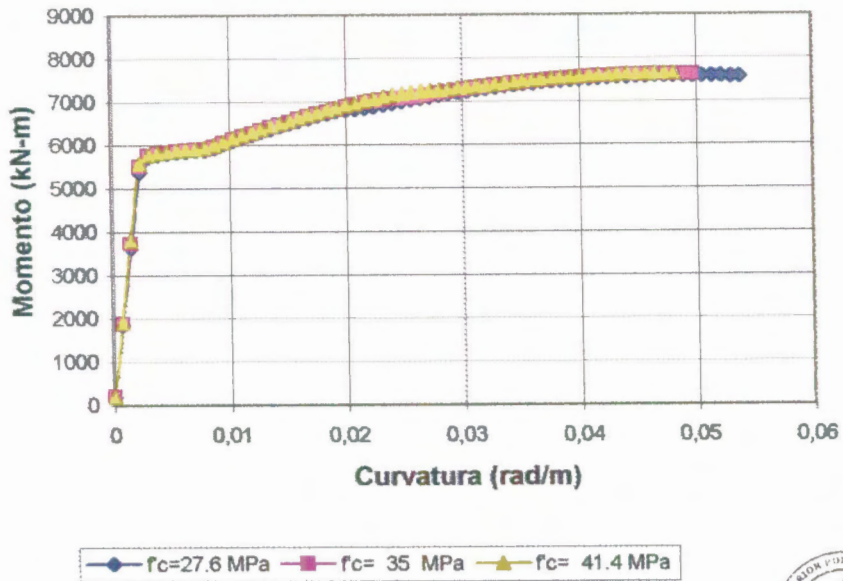
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1500\text{mm}$   $A_s=12\Phi 32 \text{ mm}$   
 $A's=9\Phi 32 \text{ mm Est. } 10\text{mm } c/100 \text{ mm}$



B 2.14

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=500\text{mm}$   $h=1500\text{mm}$   $A_s=12\Phi 32 \text{ mm}$   
 $A's=9\Phi 32 \text{ mm Est. } 12\text{mm } c/100 \text{ mm}$



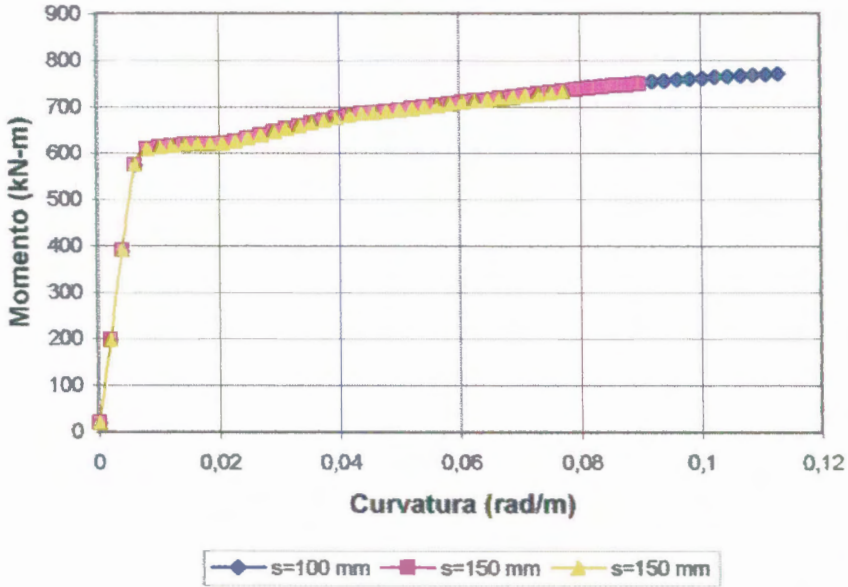
B 2.15



**BIBLIOTECA FICT**  
**ESPOL**

### Diagramas Momento-Curvatura

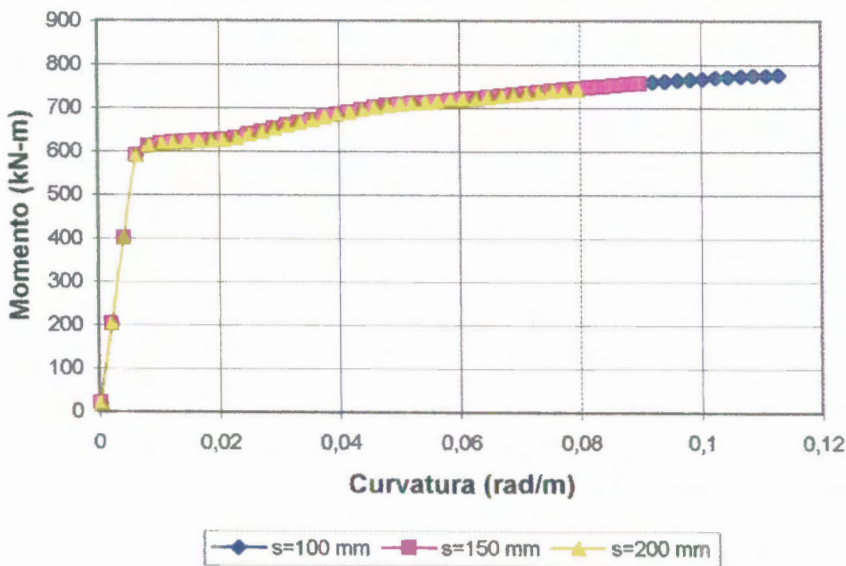
$f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa  $b=400$ mm  $h=600$ mm  
 $A_s=6\Phi 24$ mm  $A'_s=5\Phi 22$  mm Est. 8mm



B 3.1

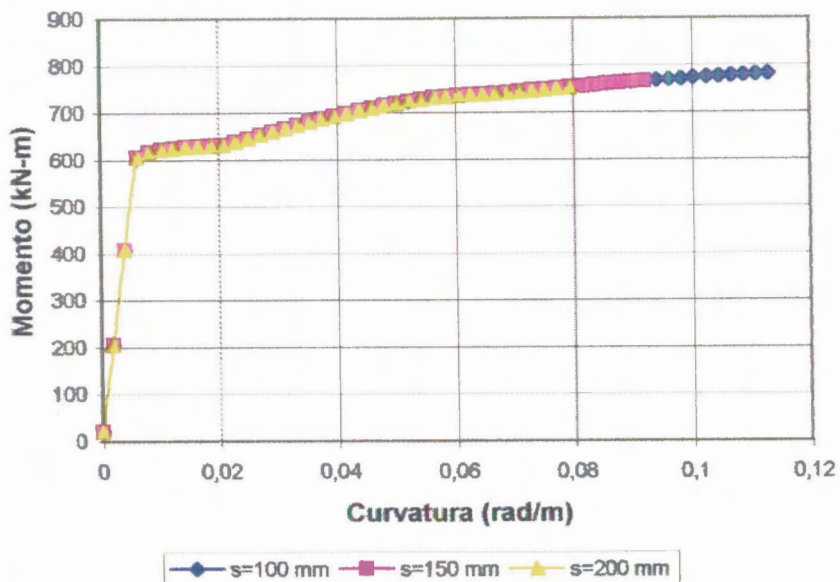
### Diagramas Momento-Curvatura

$f_y=414$  MPa  $f_c=35$  MPa  $b=400$ mm  $h=600$ mm  
 $A_s=6\Phi 24$ mm  $A'_s=5\Phi 22$  mm Est. 8mm



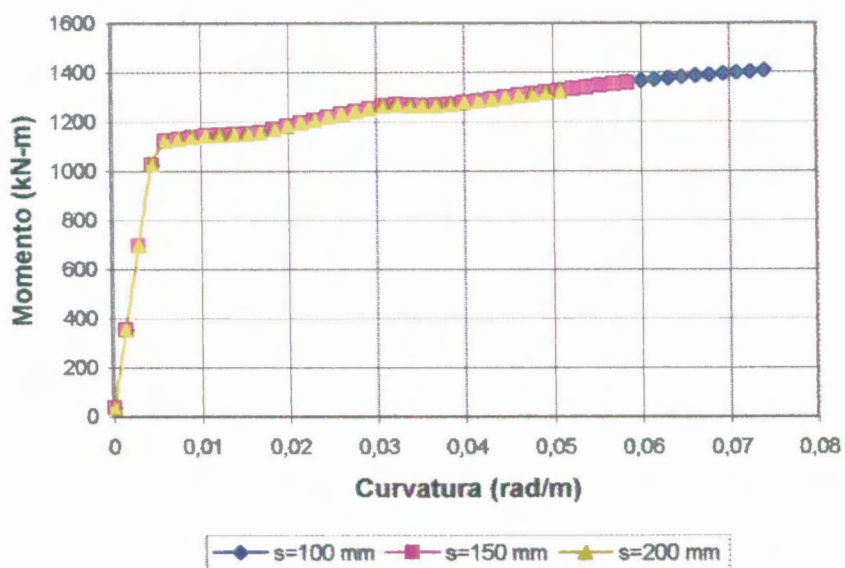
B 3.2

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=600\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 24\text{mm}$   $A'_s=5\Phi 22 \text{ mm}$  Est. 8mm



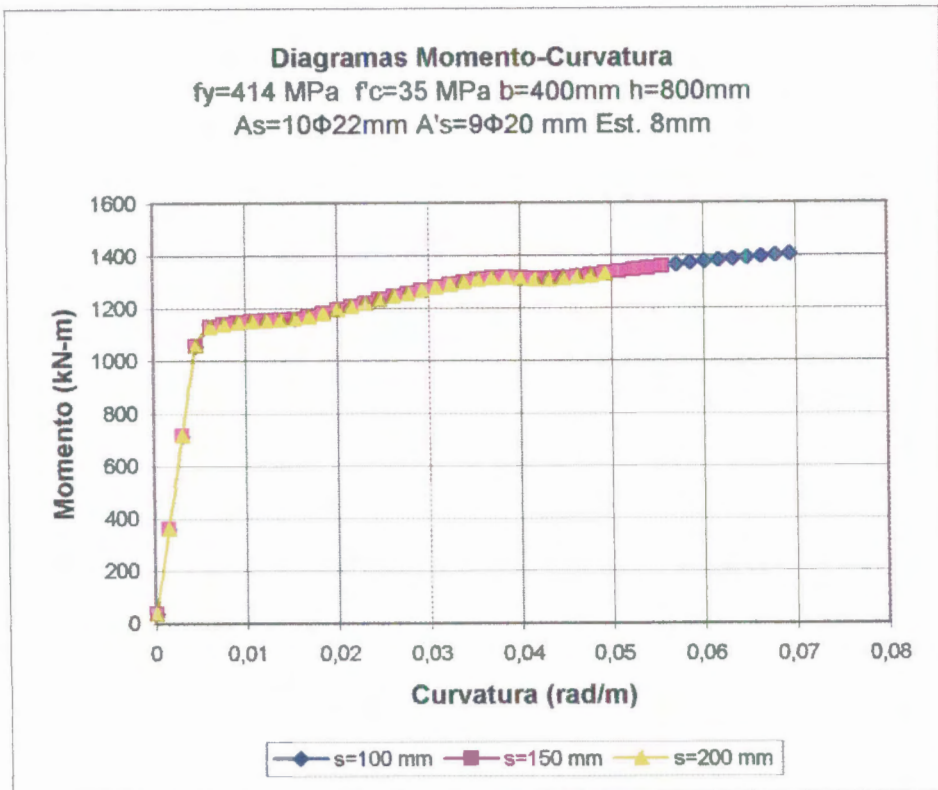
B 3.3

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=800\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 22\text{mm}$   $A'_s=9\Phi 20 \text{ mm}$  Est. 8mm

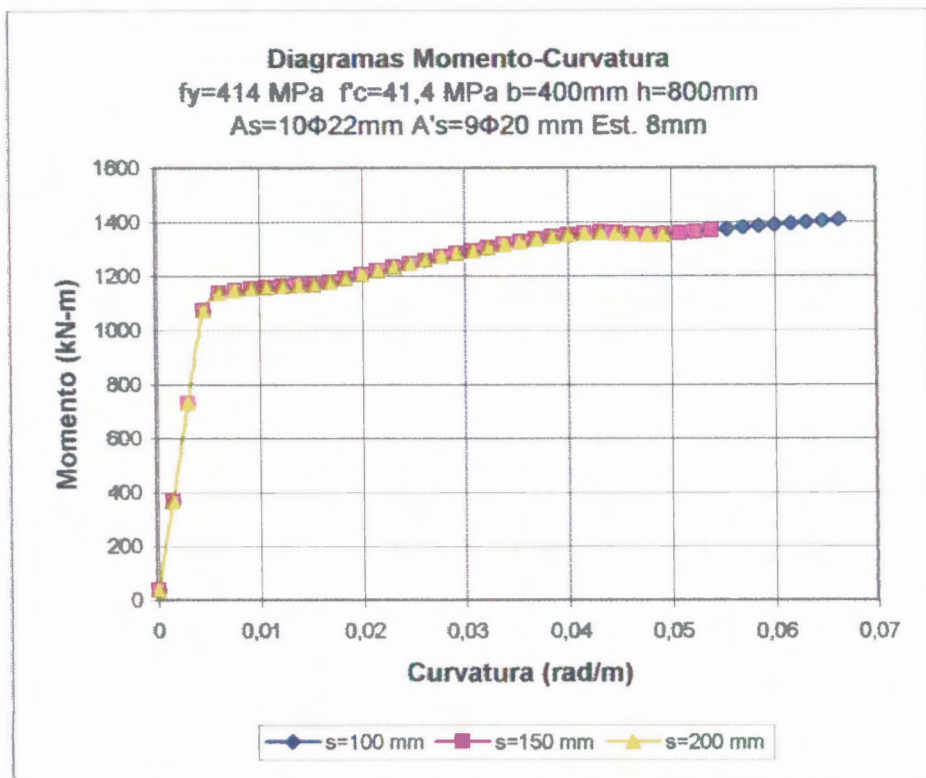


B 3.4



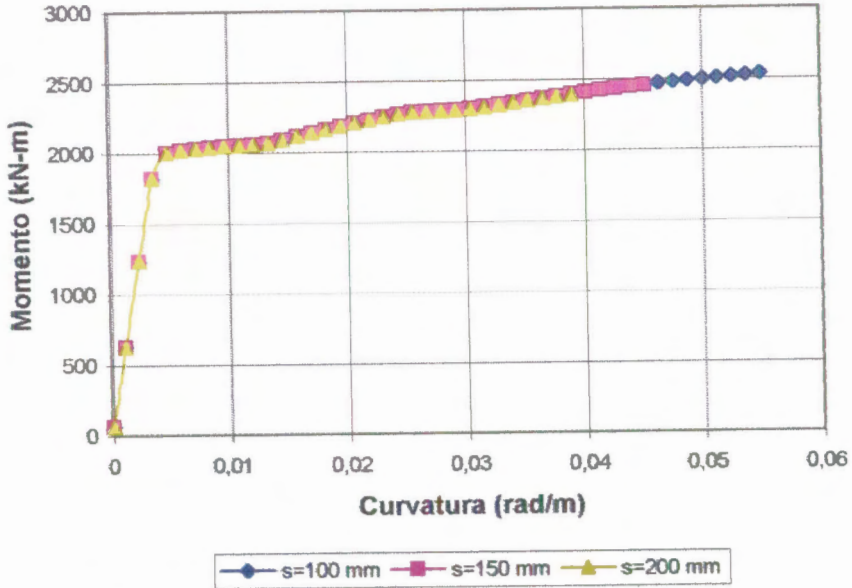


B 3.5



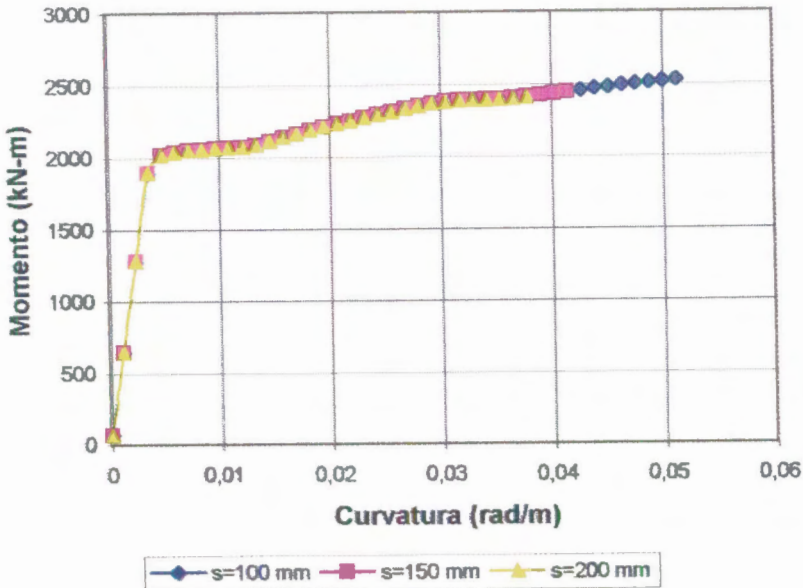
B 3.6

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1000\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 26\text{mm}$   $A's=10\Phi 22 \text{ mm Est. 8mm}$



B 3.7

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1000\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 26\text{mm}$   $A's=10\Phi 22 \text{ mm Est. 8mm}$

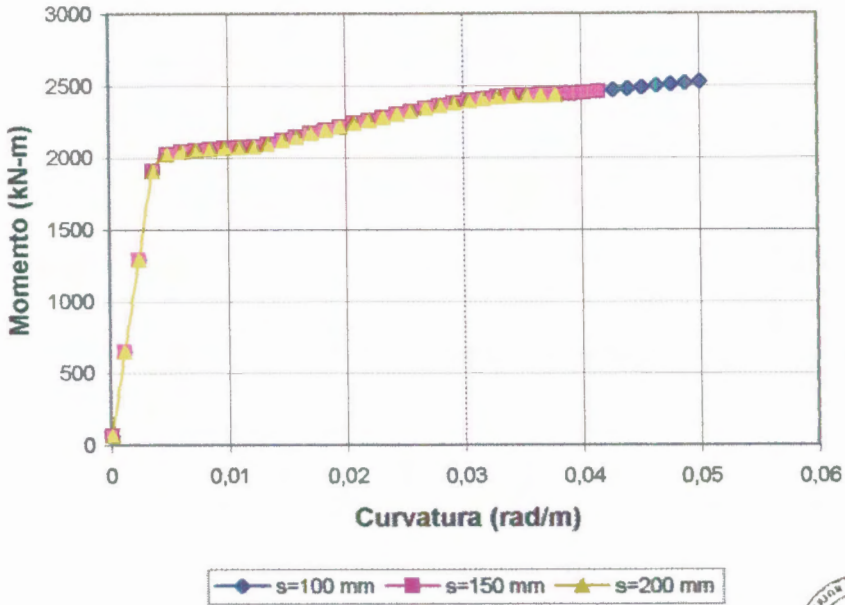


B 3.8

### Diagramas Momento-Curvatura

$f_y=414$  MPa  $f'_c=41,4$  MPa  $b=400$ mm  $h=1000$ mm

$A_s=10\Phi 26$ mm  $A'_s=10\Phi 22$  mm Est. 8mm



B 3.9

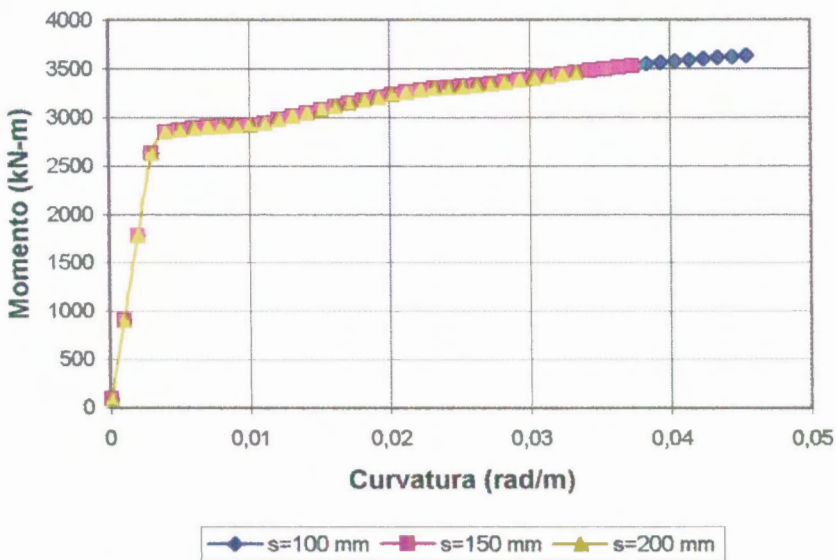


BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

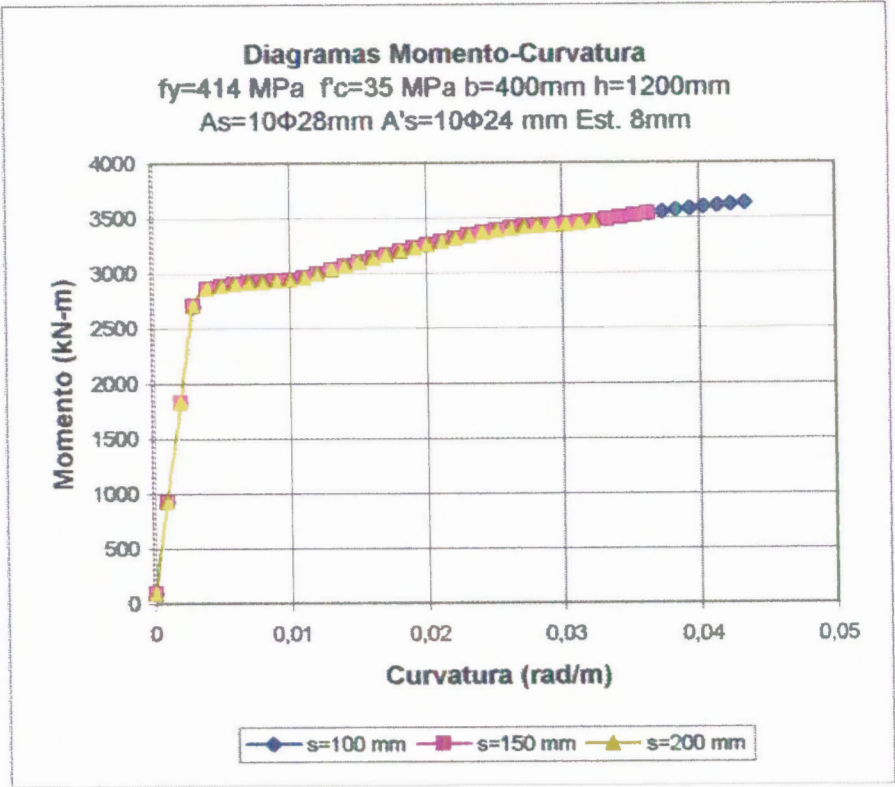
### Diagramas Momento-Curvatura

$f_y=414$  MPa  $f'_c=27,6$  MPa  $b=400$ mm  $h=1200$ mm

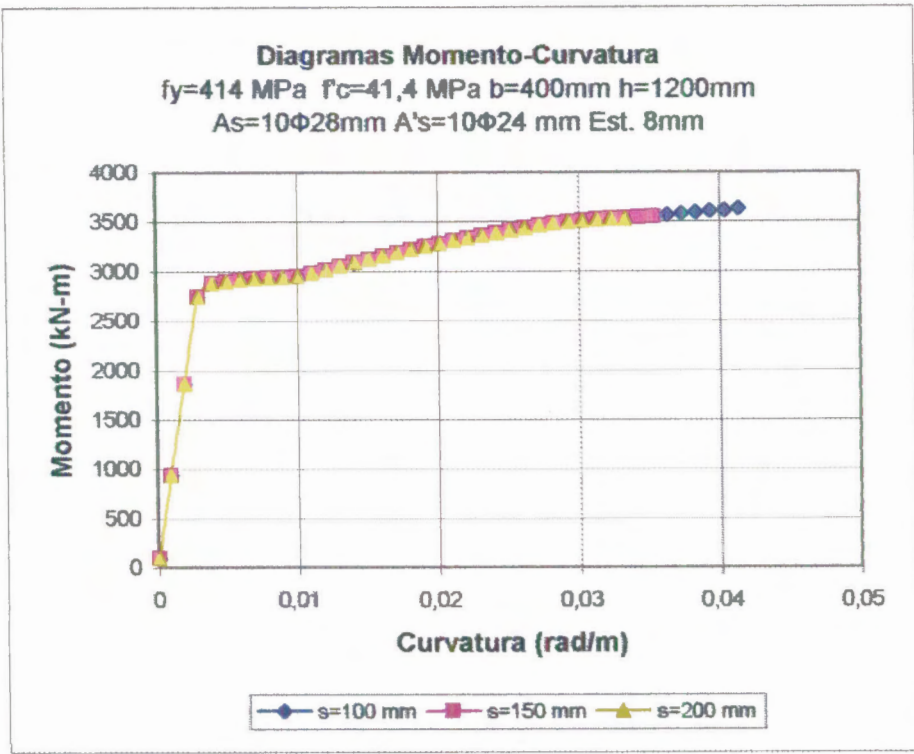
$A_s=10\Phi 28$ mm  $A'_s=10\Phi 24$  mm Est. 8mm



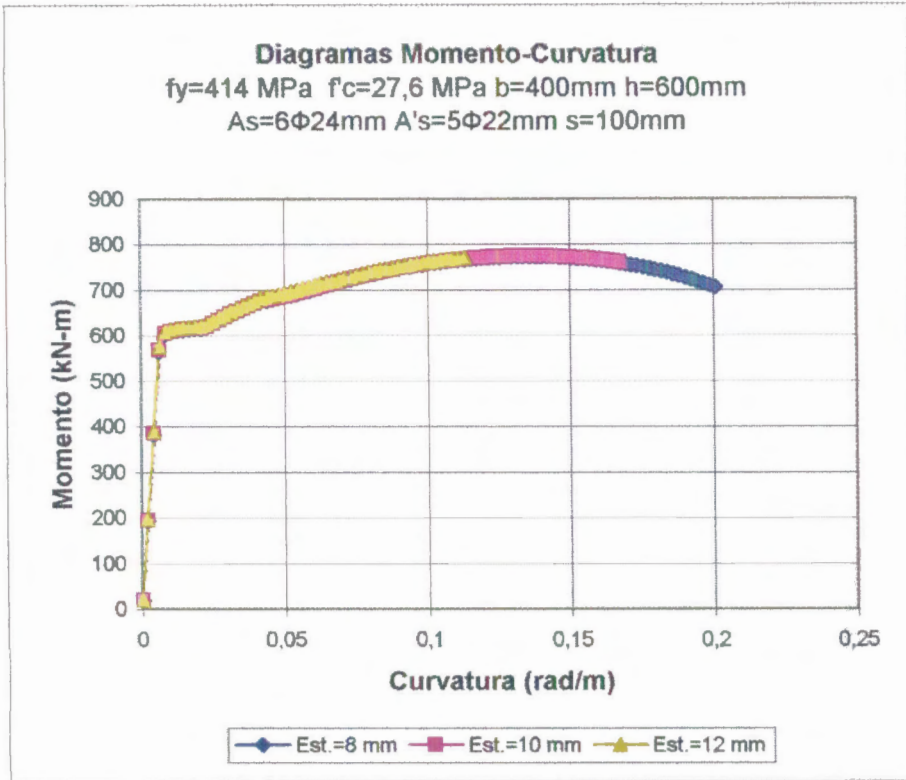
B 3.10



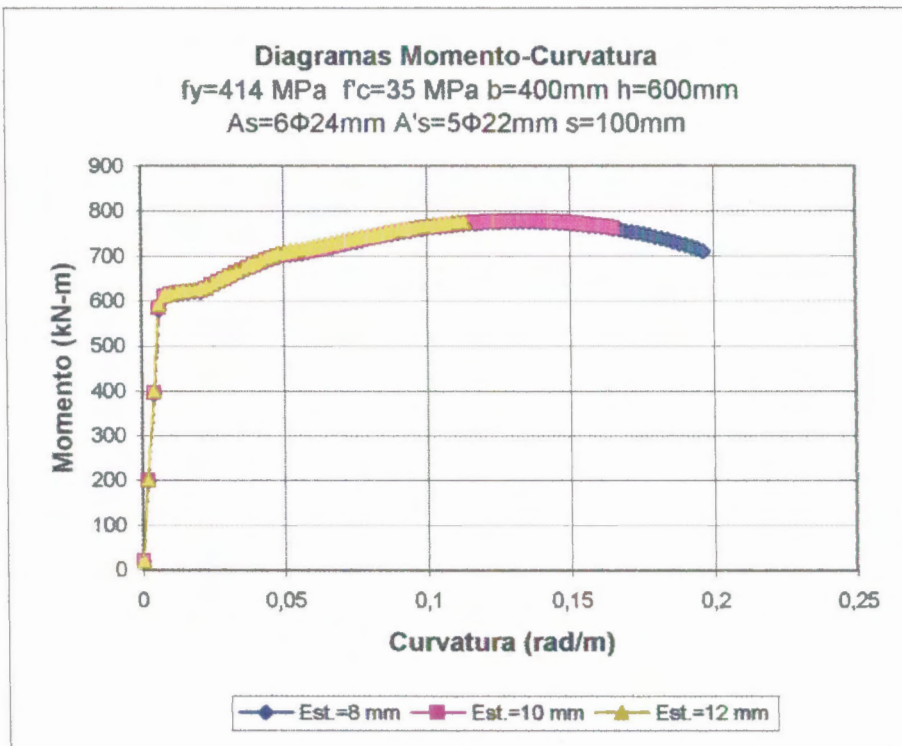
B 3.11



B 3.12

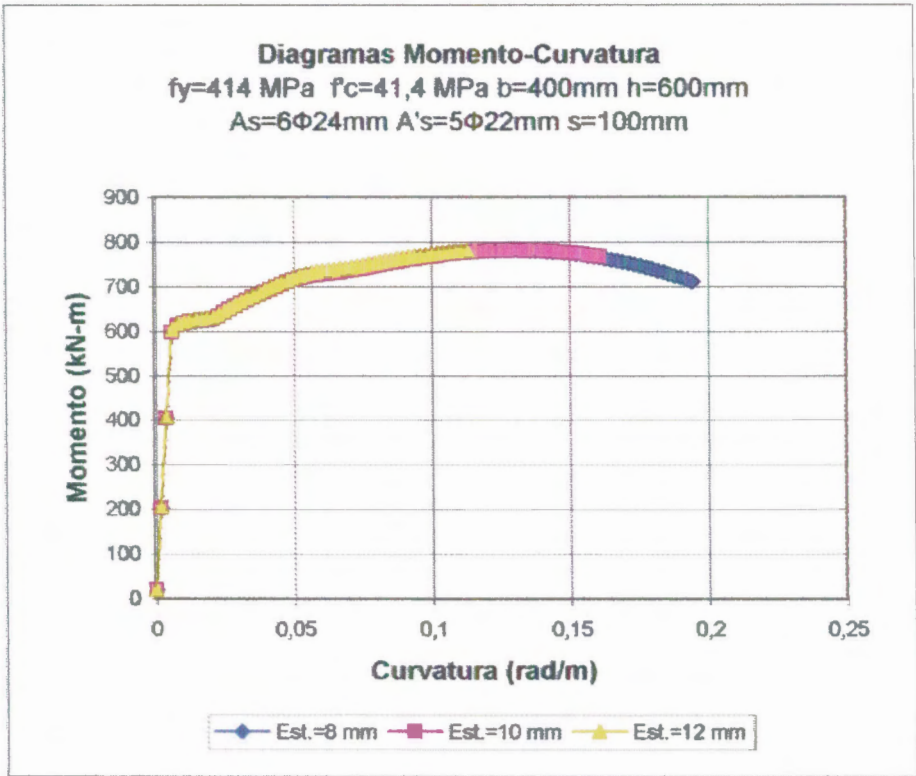


B 4.1

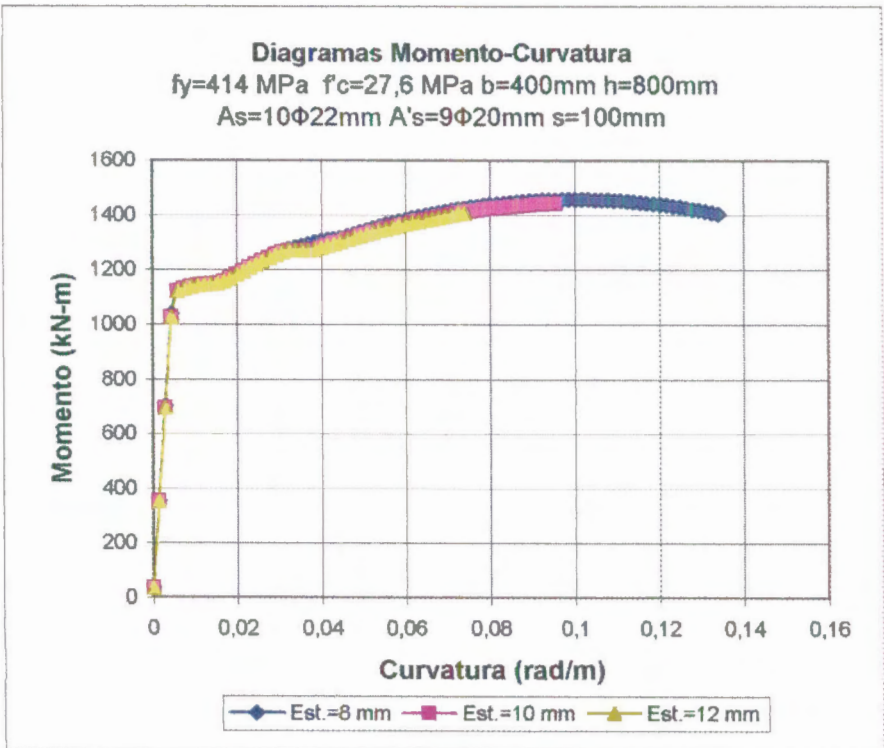


B 4.2



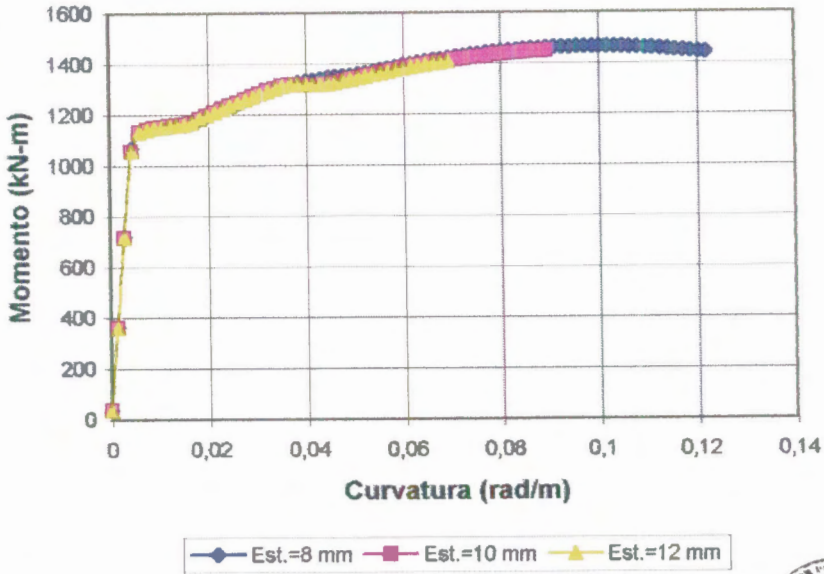


B 4.3



B 4.4

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=800\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 22\text{mm}$   $A'_s=9\Phi 20\text{mm}$   $s=100\text{mm}$

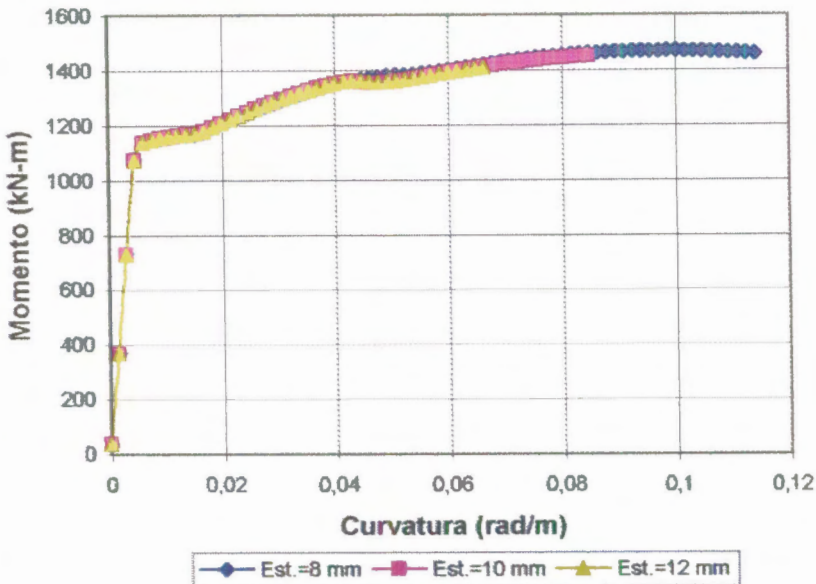


B 4.5



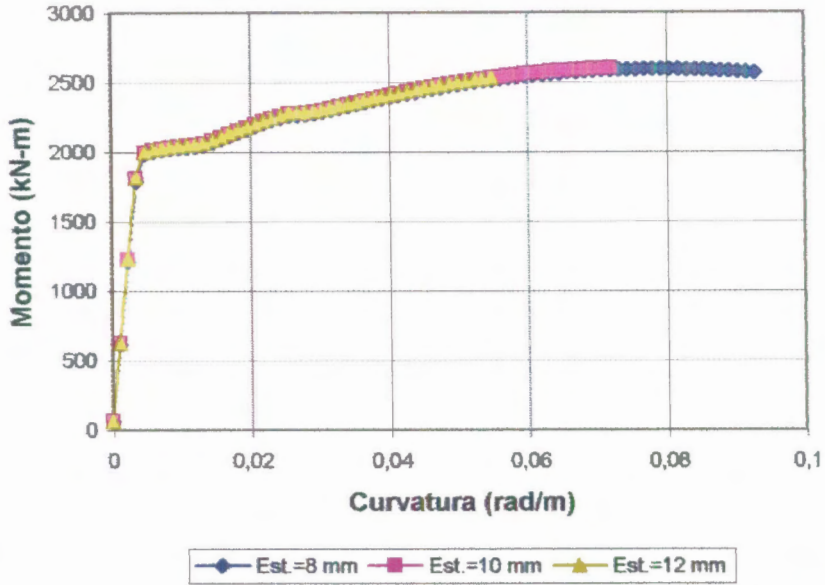
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=800\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 22\text{mm}$   $A'_s=9\Phi 20\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



B 4.6

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1000\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 26\text{mm}$   $A's=10\Phi 22\text{mm}$   $s=100\text{mm}$

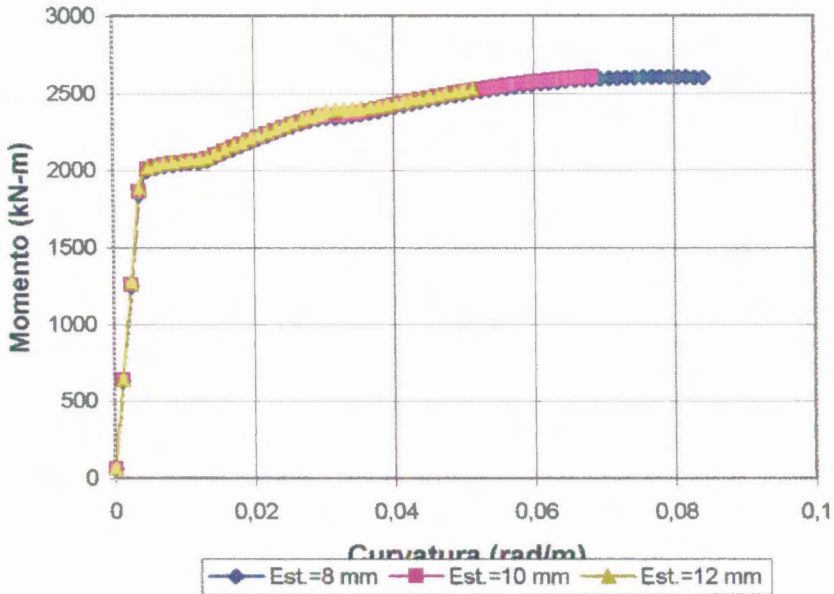


B 4.7

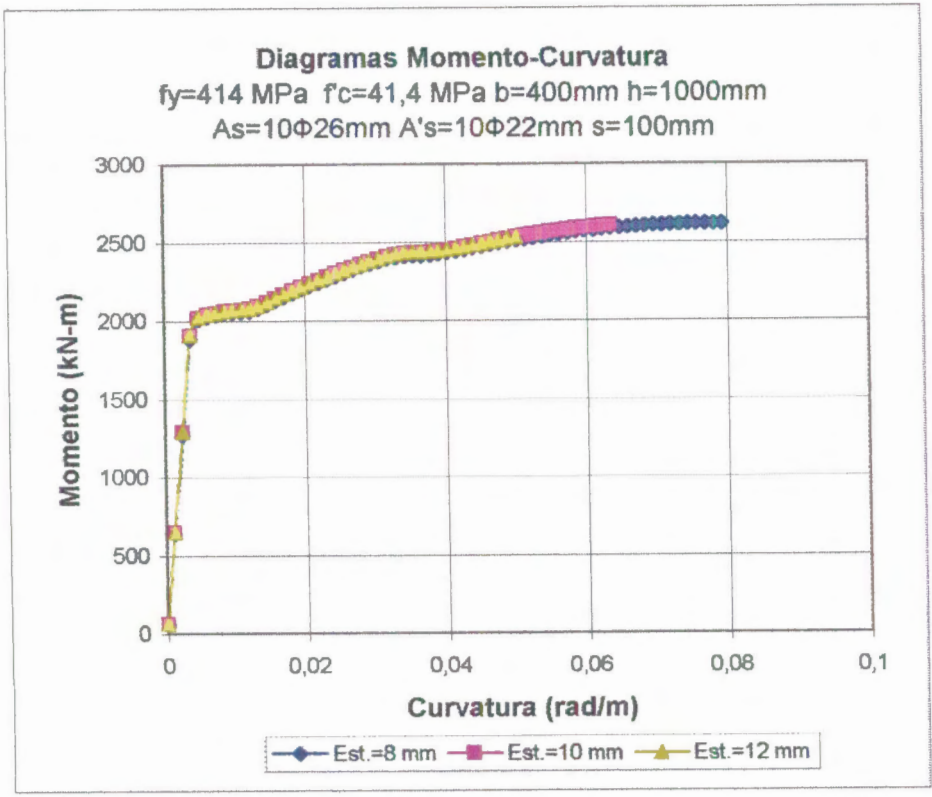


**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1000\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 26\text{mm}$   $A's=10\Phi 22\text{mm}$   $s=100\text{mm}$

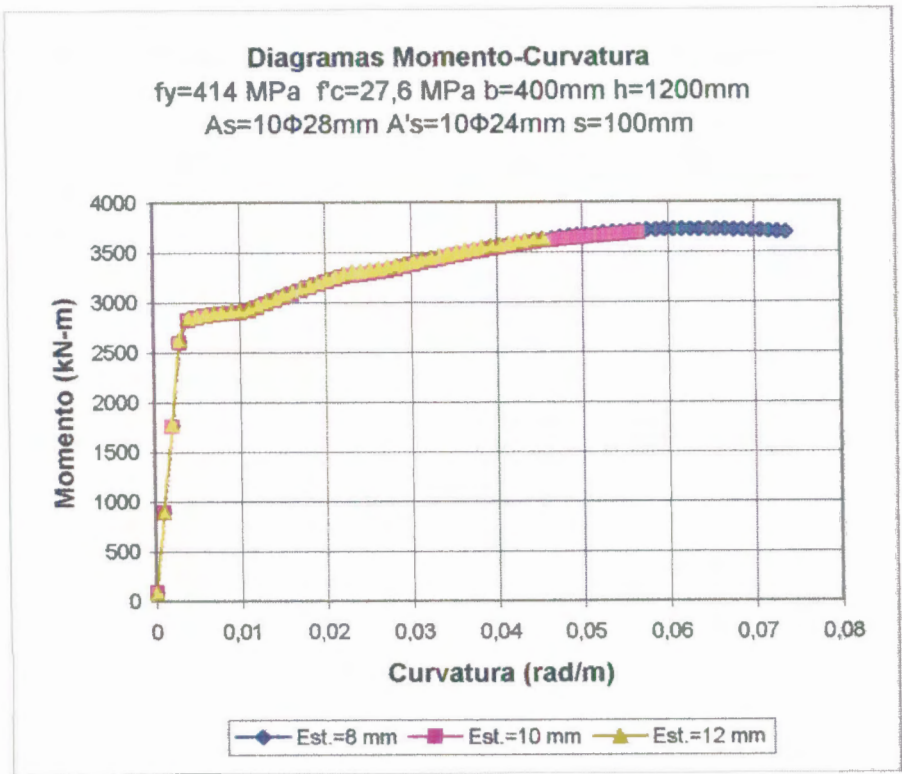
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**



B 4.8

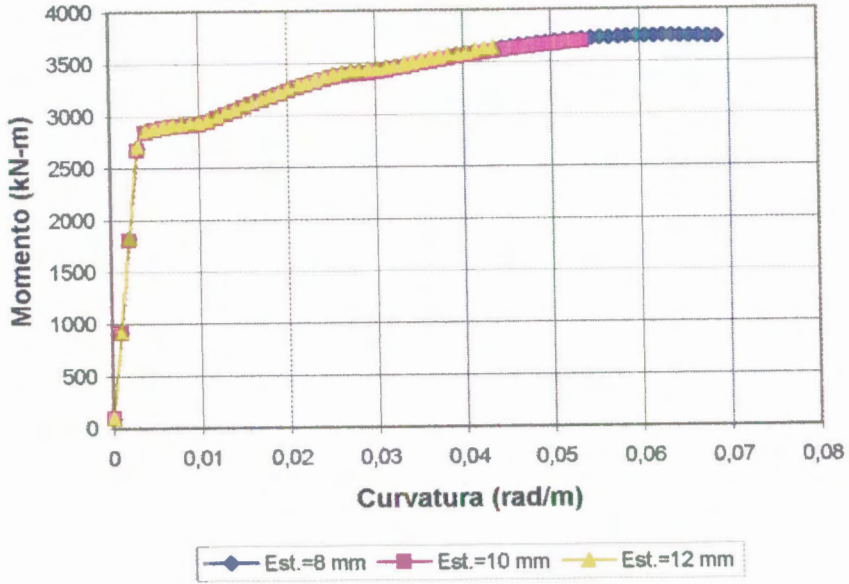


B 4.9



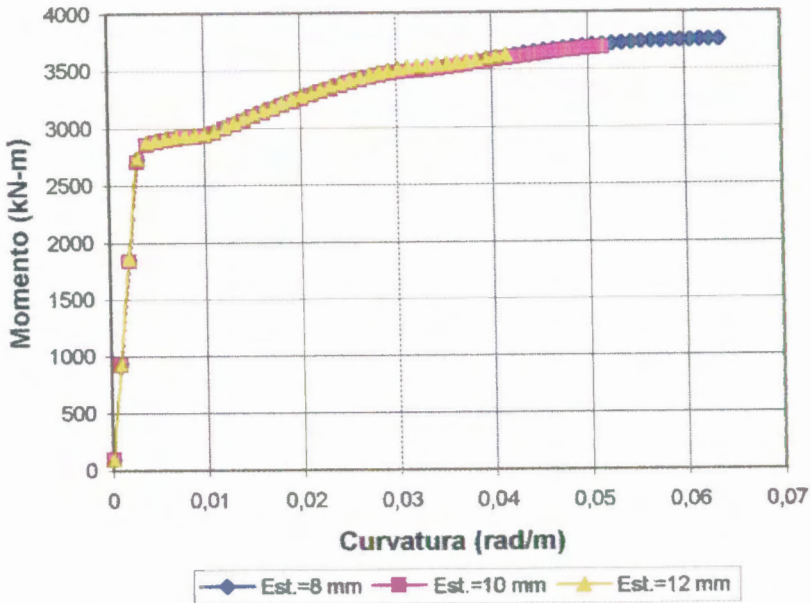
B 4.10

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=35 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1200\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 28\text{mm}$   $A'_s=10\Phi 24\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



B 4.11

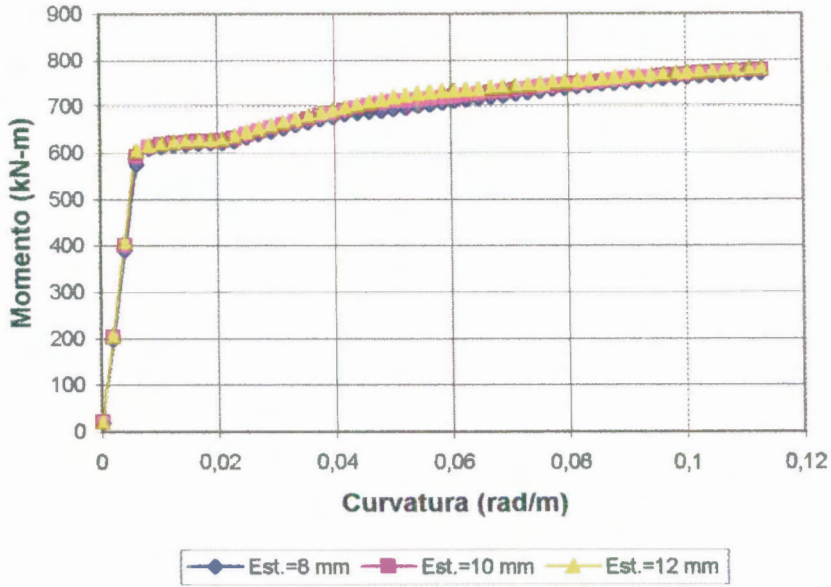
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1200\text{mm}$   
 $A_s=10\Phi 28\text{mm}$   $A'_s=10\Phi 24\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



B 4.12



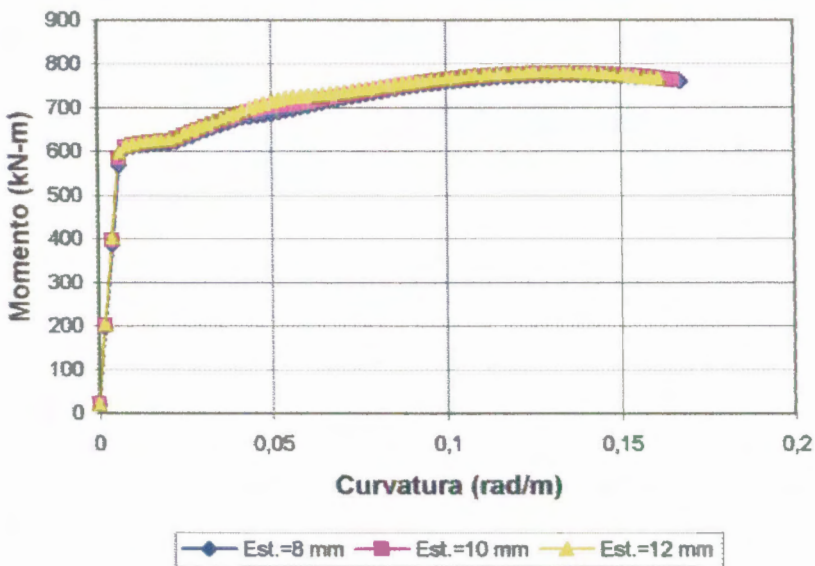
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=400 \text{ mm}$   $h=600 \text{ mm}$   $A_s=6\Phi 24 \text{ mm}$   
 $A'_s=5\Phi 22 \text{ mm}$  Est. 8mm c/100 mm



B 5.1

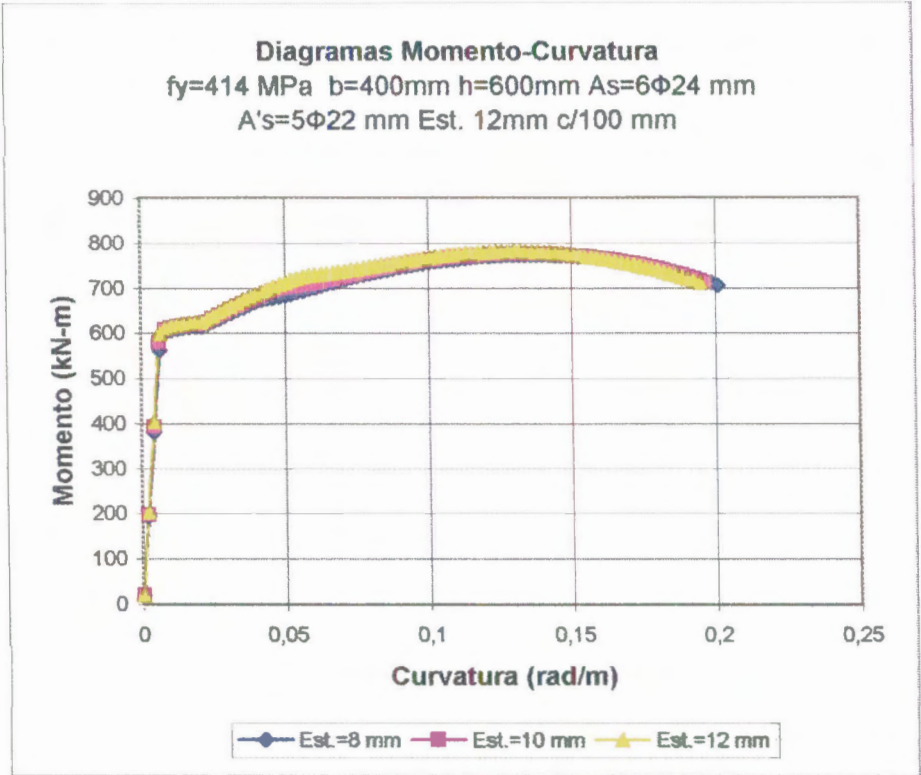


**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=400 \text{ mm}$   $h=600 \text{ mm}$   $A_s=6\Phi 24 \text{ mm}$   
 $A'_s=5\Phi 22 \text{ mm}$  Est. 10mm c/100 mm

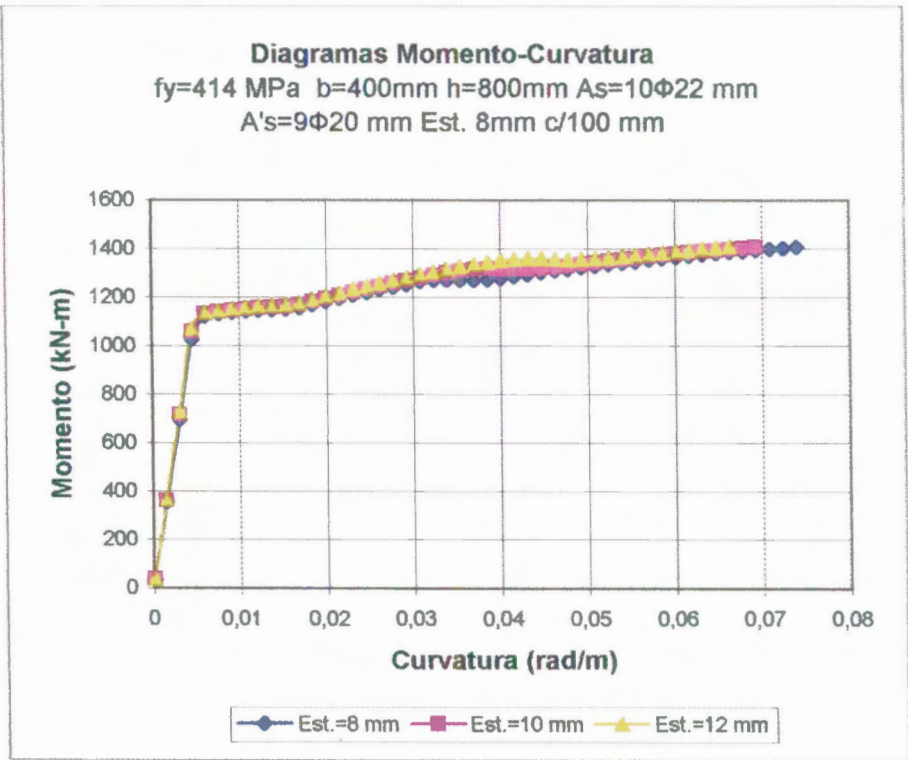


B 5.2

BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

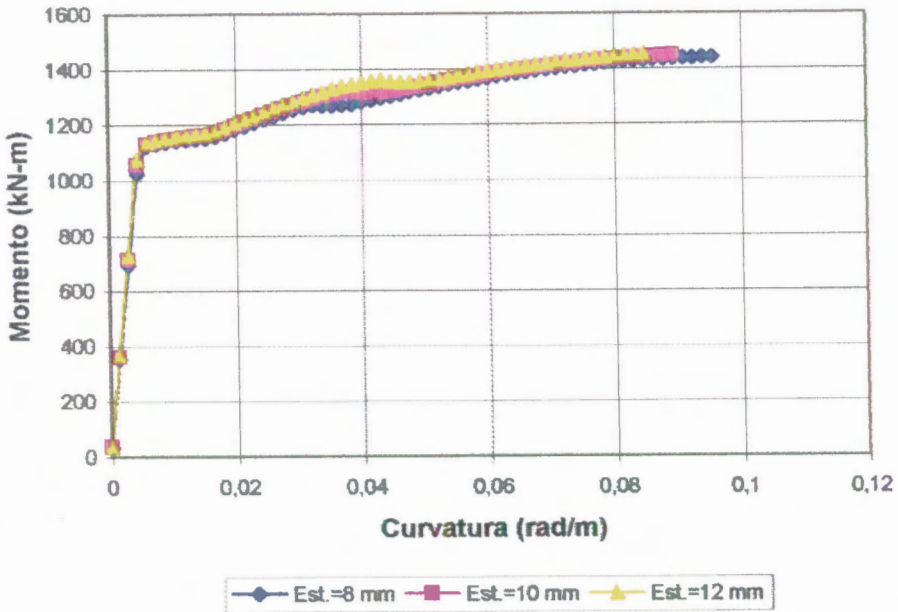


B 5.3



B 5.4

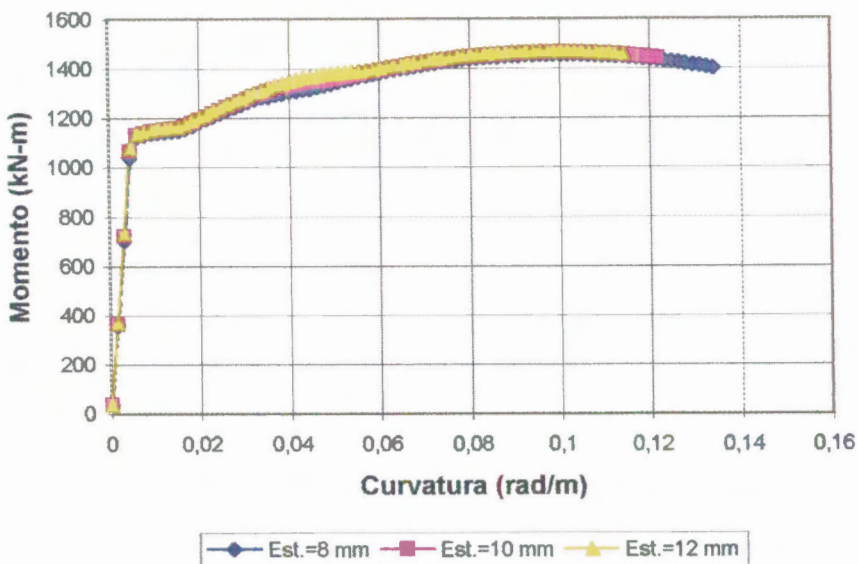
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $b=400$ mm  $h=800$ mm  $A_s=10\Phi 22$  mm  $A's=9\Phi 20$   
 mm Est. 10mm  $c/100$  mm



B 5.5



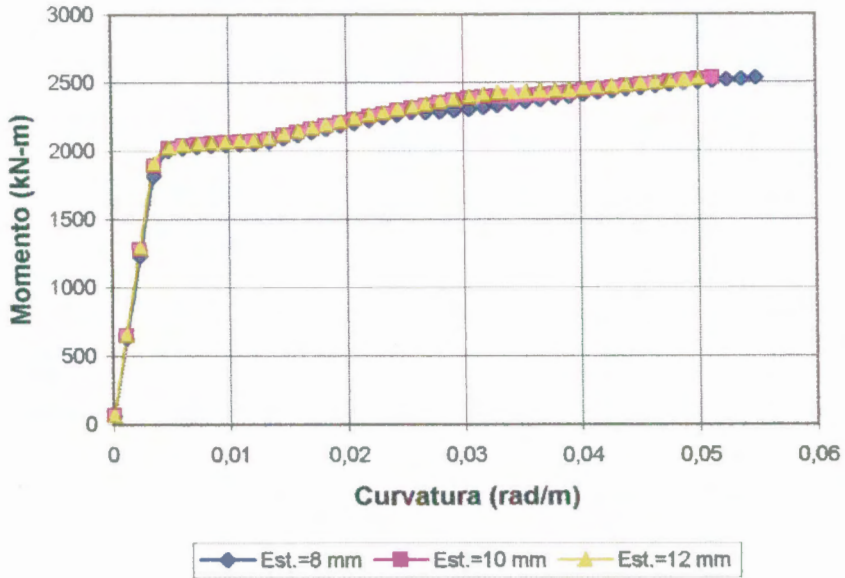
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $b=400$ mm  $h=800$ mm  $A_s=10\Phi 22$  mm  
 $A's=9\Phi 20$  mm Est. 12mm  $c/100$  mm



B 5.6

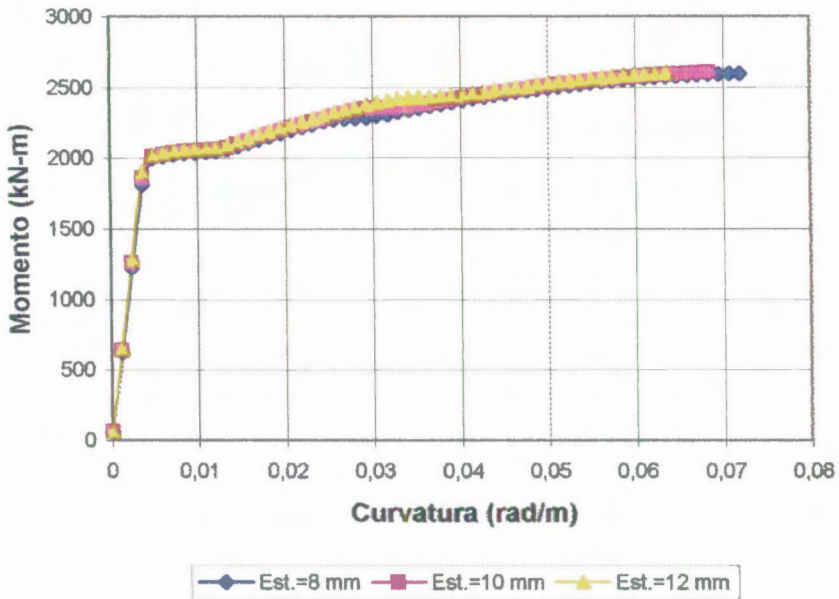
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1000\text{mm}$   $A_s=10\Phi 26 \text{ mm}$   
 $A's=10\Phi 22 \text{ mm Est. } 8\text{mm c}/100 \text{ mm}$



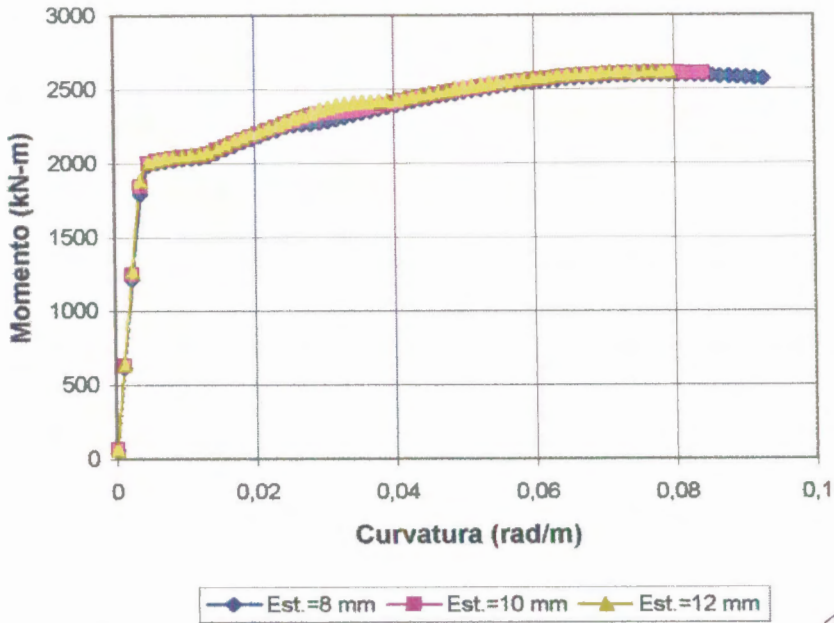
B 5.7

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1000\text{mm}$   $A_s=10\Phi 26 \text{ mm}$   
 $A's=10\Phi 22 \text{ mm Est. } 10\text{mm c}/100 \text{ mm}$



B 5.8

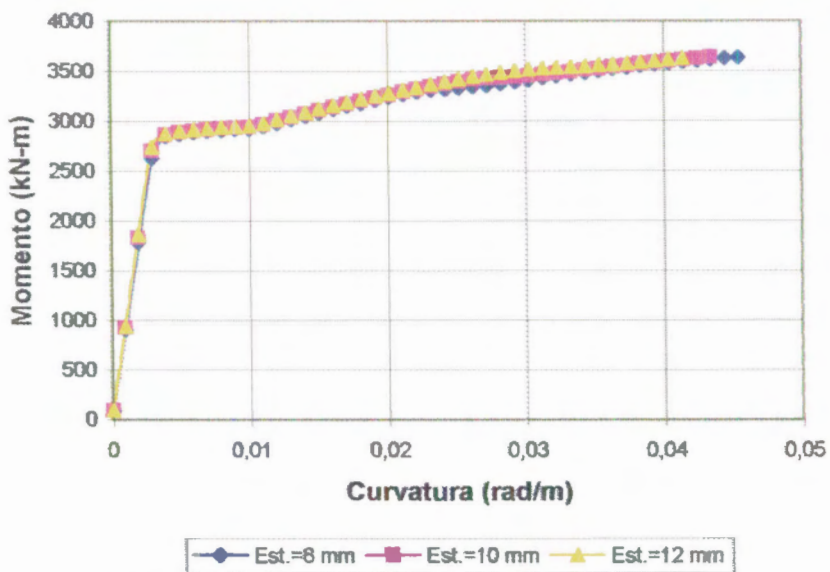
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1000\text{mm}$   $A_s=10\Phi 26 \text{ mm}$   
 $A's=10\Phi 22 \text{ mm Est. } 12\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$



B 5.9



**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1200\text{mm}$   $A_s=10\Phi 28 \text{ mm}$   
 $A's=10\Phi 24 \text{ mm Est. } 8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$

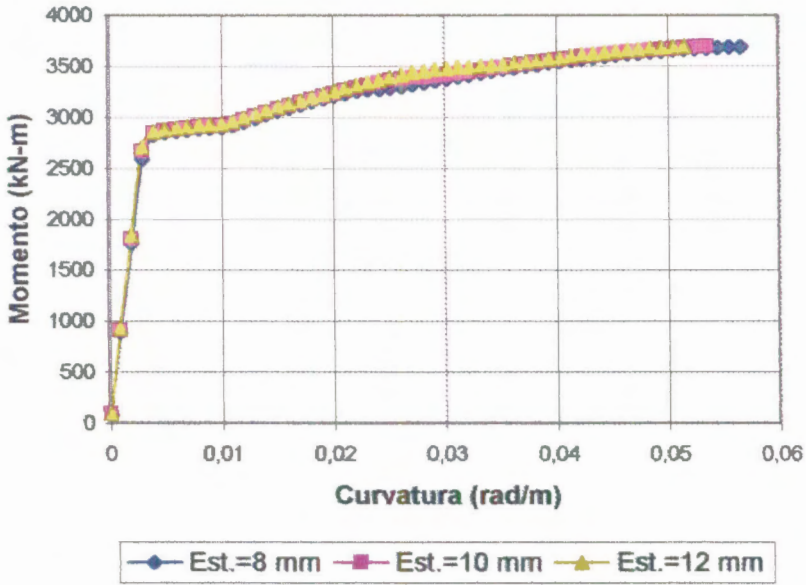


B 5.10

BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

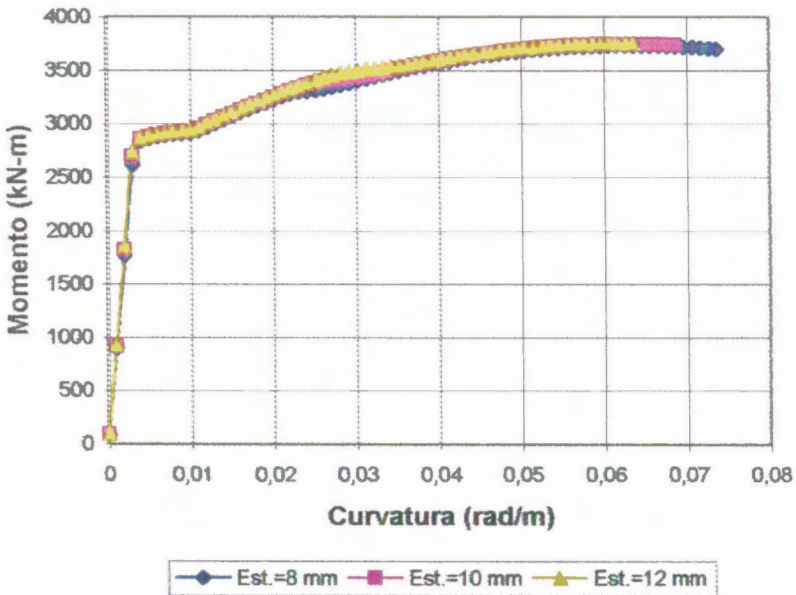


**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1200\text{mm}$   $A_s=10\Phi 28 \text{ mm}$   
 $A'_s=10\Phi 24 \text{ mm Est. } 10\text{mm c}/100 \text{ mm}$



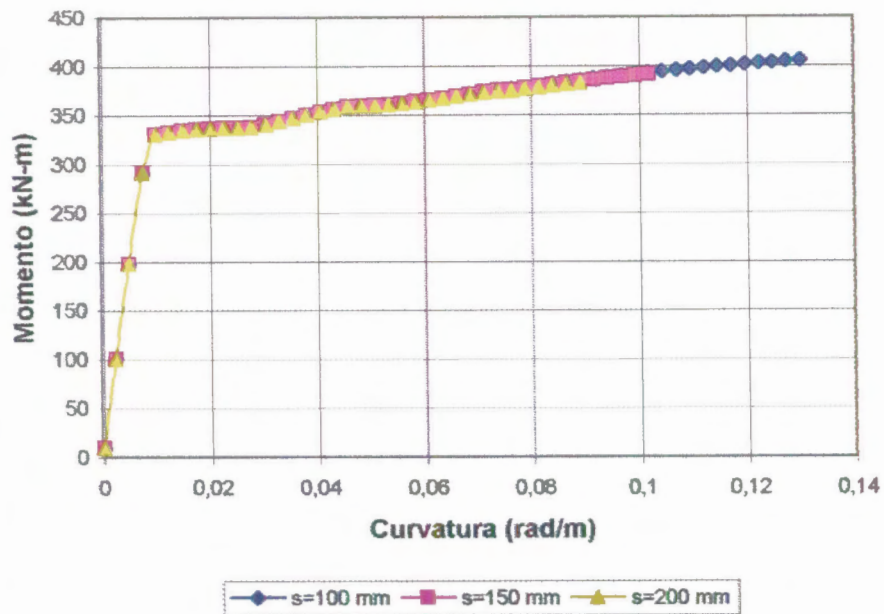
B 5.11

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=400\text{mm}$   $h=1200\text{mm}$   $A_s=10\Phi 28 \text{ mm}$   
 $A'_s=10\Phi 24 \text{ mm Est. } 12\text{mm c}/100 \text{ mm}$



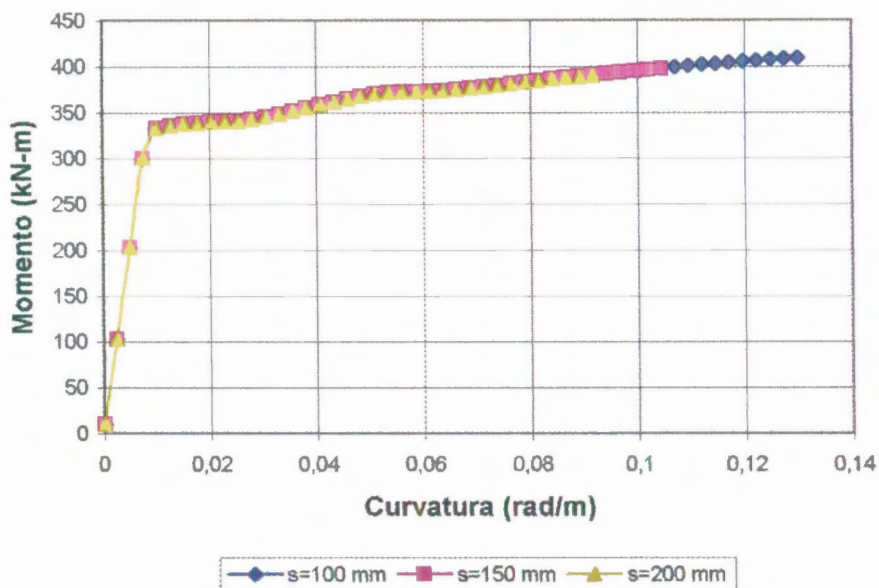
B 5.12

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=500\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 20\text{mm}$   $A's=3\Phi 24 \text{ mm Est. 8mm}$



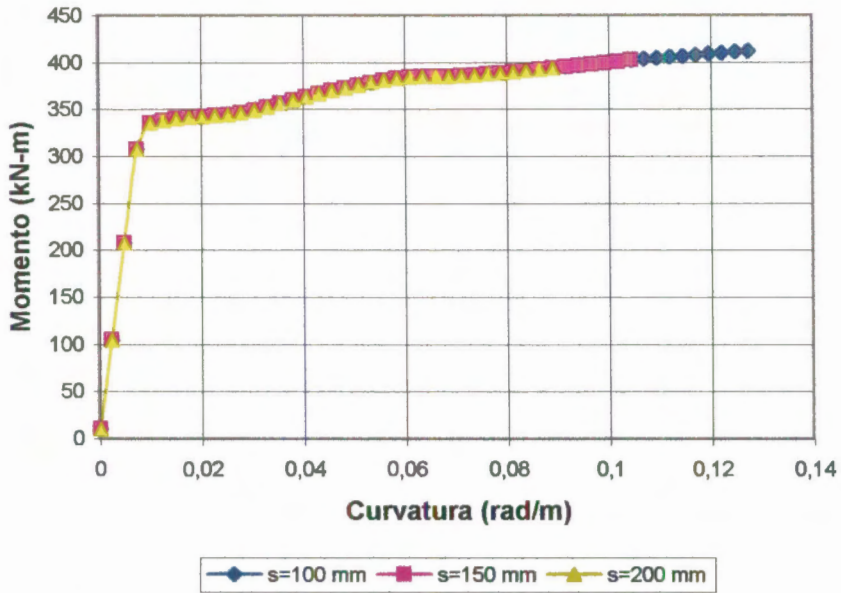
B 6.1

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=500\text{mm}$   $A_s=6\Phi 20\text{mm}$   
 $A's=3\Phi 24 \text{ mm Est. 8mm}$



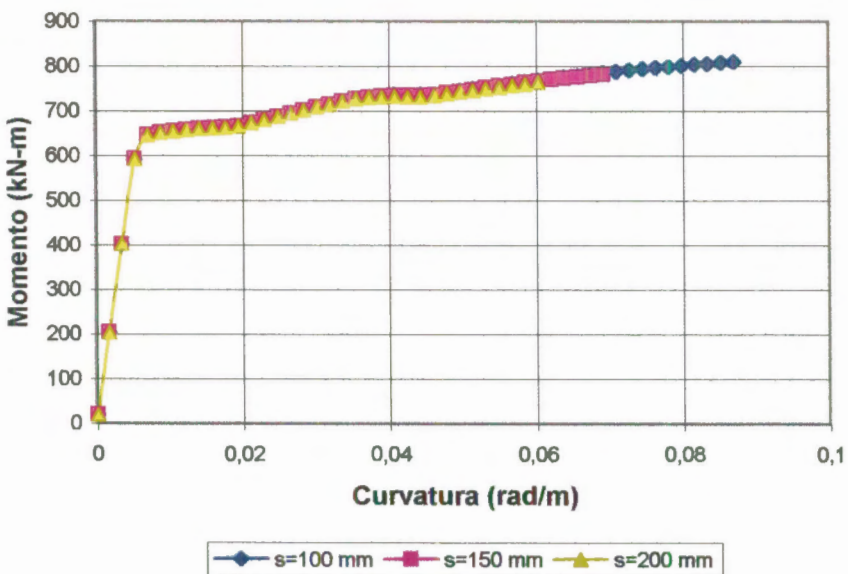
6.2

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=500\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 20\text{mm}$   $A's=3\Phi 14 \text{ mm Est. } 8\text{mm}$



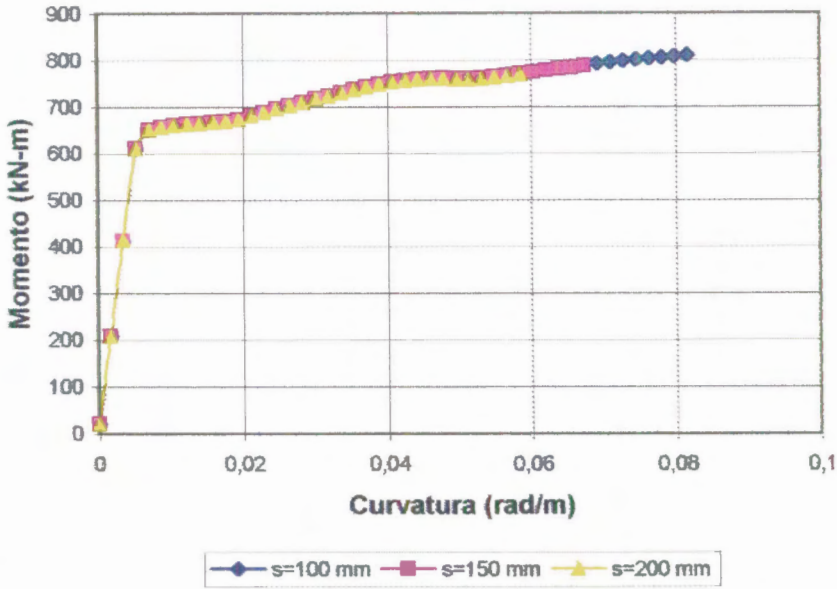
B 6.3

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 20\text{mm}$   $A's=6\Phi 20 \text{ mm Est. } 8\text{mm}$



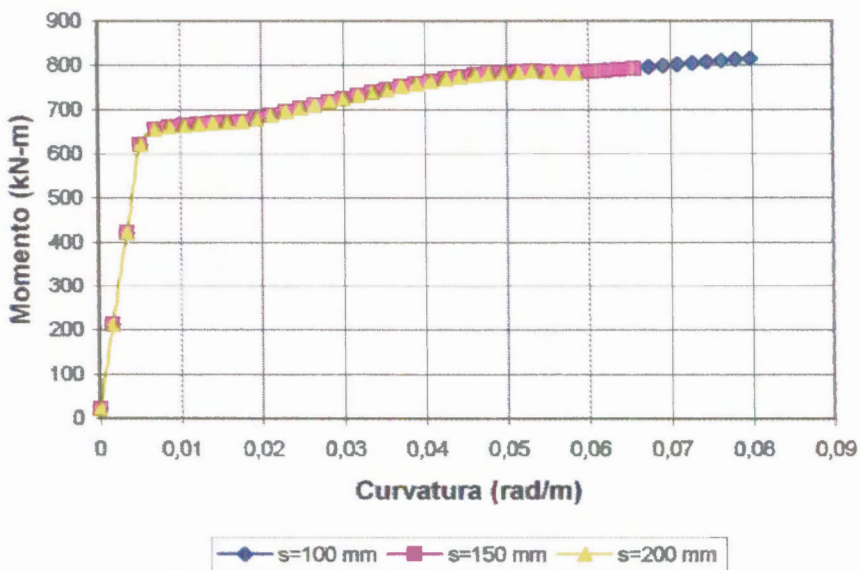
B 6.4

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 20\text{mm}$   $A's=6\Phi 20 \text{ mm Est. } 8\text{mm}$



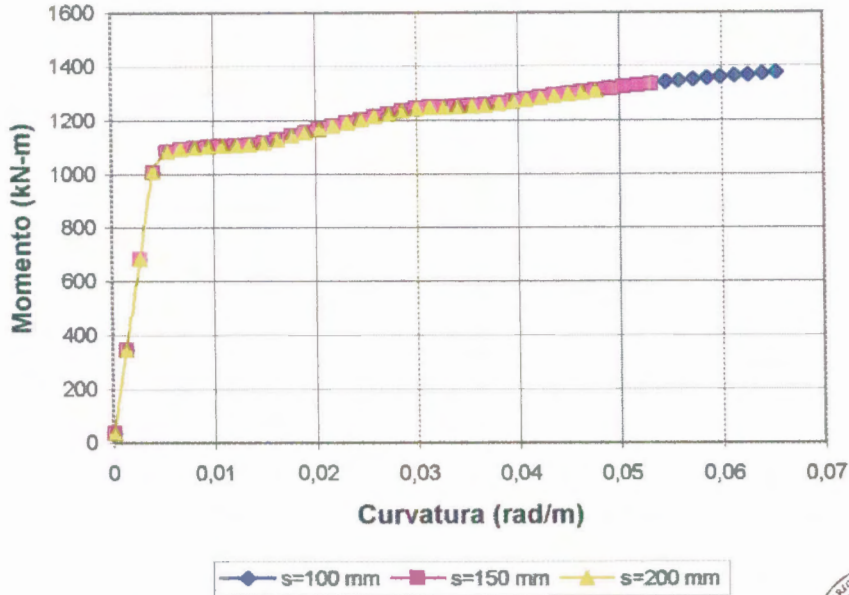
B 6.5

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 20\text{mm}$   $A's=6\Phi 20 \text{ mm Est. } 8\text{mm}$



B 6.6

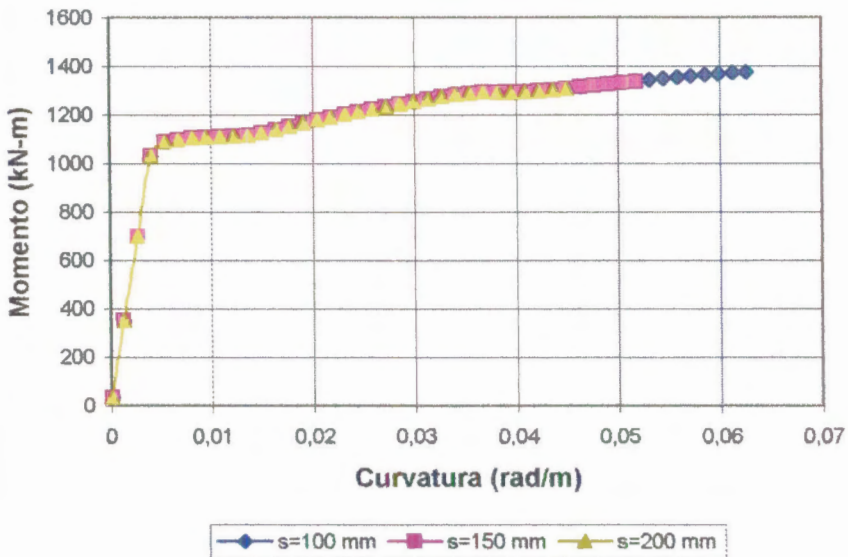
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 26\text{mm}$   $A's=5\Phi 24 \text{ mm Est. 8mm}$



B 6.7



**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 26\text{mm}$   $A's=5\Phi 24 \text{ mm Est. 8mm}$

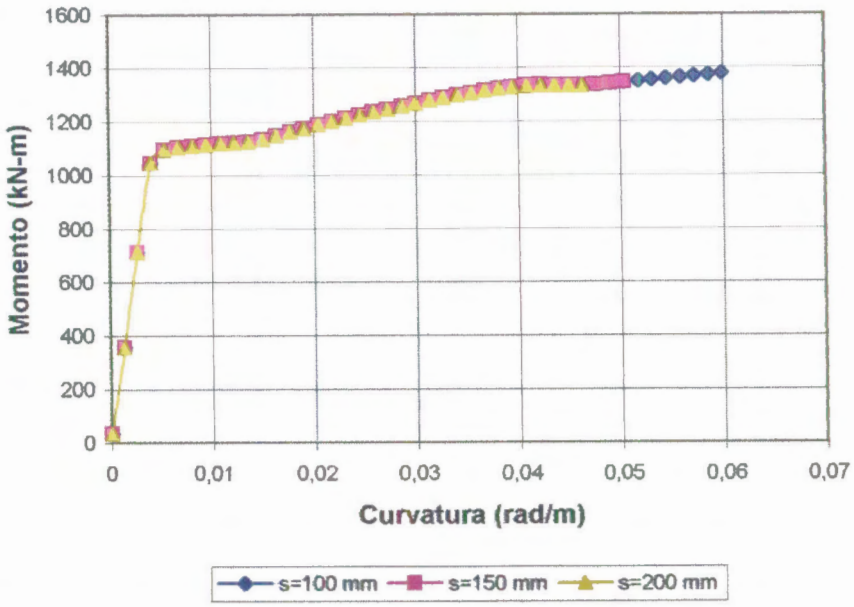


B 6.8

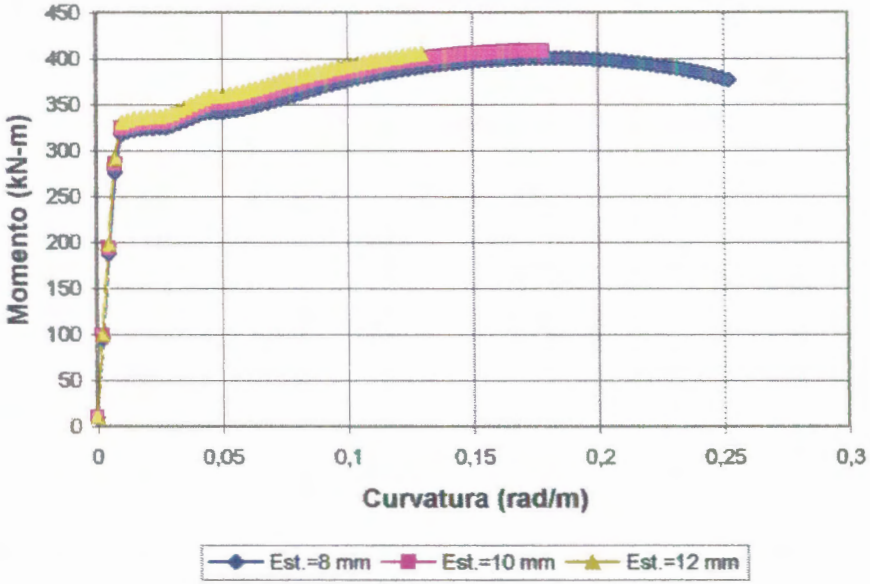
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**



**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 26\text{mm}$   $A's=5\Phi 24 \text{ mm Est. } 8\text{mm}$

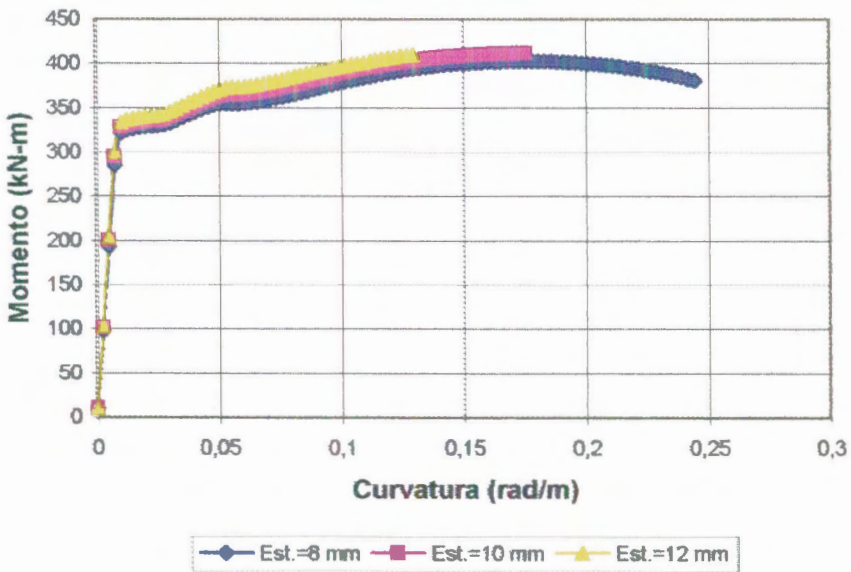


**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=500\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 20\text{mm}$   $A'_s=3\Phi 24\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



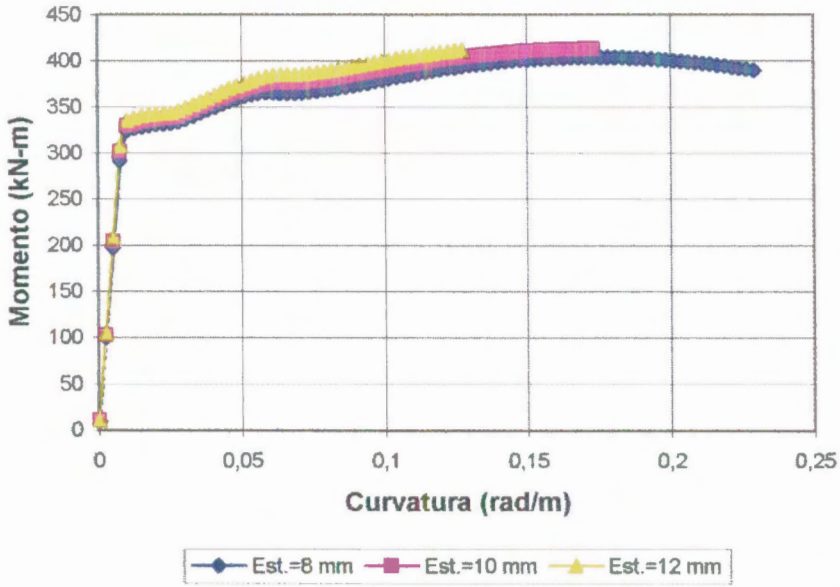
B 7.1

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=500\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 20\text{mm}$   $A'_s=3\Phi 24\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



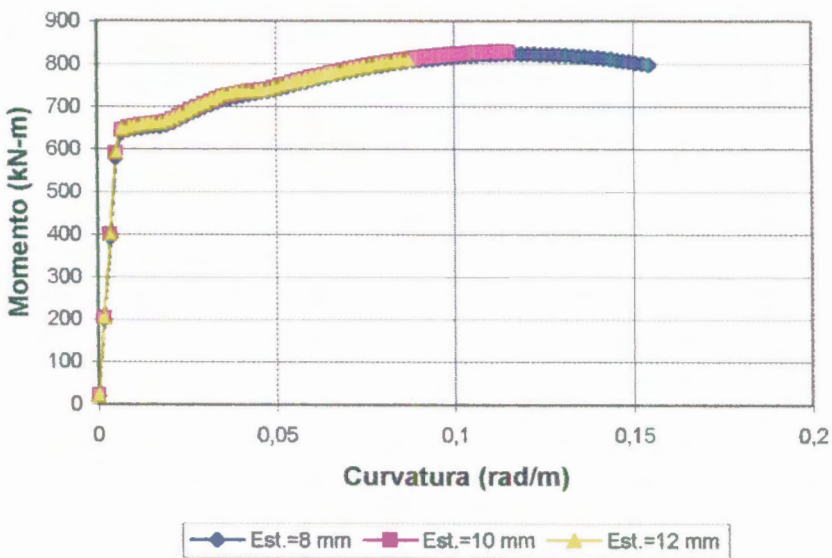
B 7.2

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=500\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 20\text{mm}$   $A'_s=3\Phi 24\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



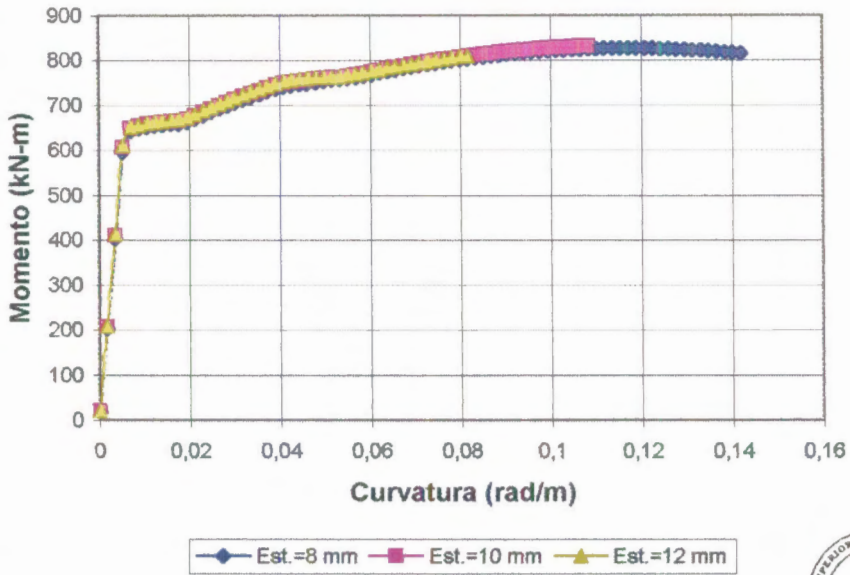
B 7.3

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 20\text{mm}$   $A'_s=6\Phi 20\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



B 7.4

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 20\text{mm}$   $A'_s=6\Phi 20\text{mm}$   $s=100\text{mm}$

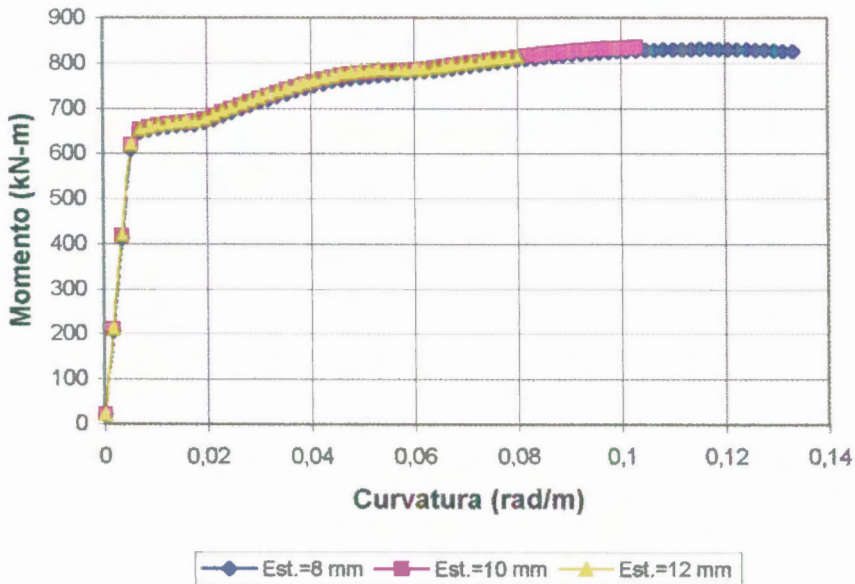


B 7.5



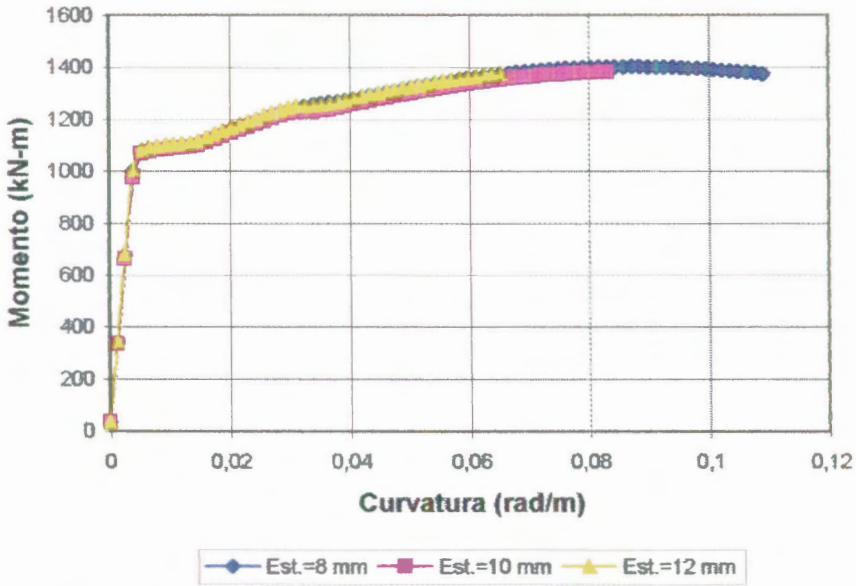
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   
 $A_s=8\Phi 20\text{mm}$   $A'_s=6\Phi 20\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



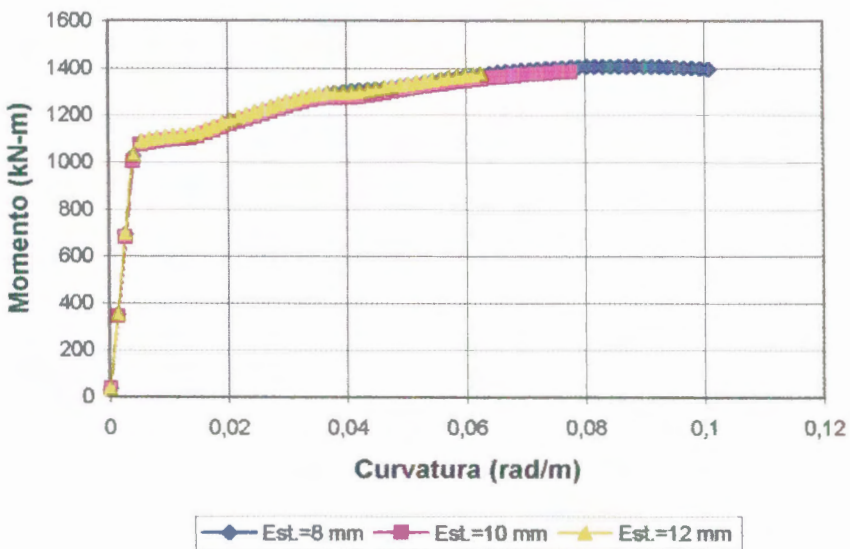
B 7.6

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=27,6 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 26\text{mm}$   $A'_s=5\Phi 24\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



B 7.7

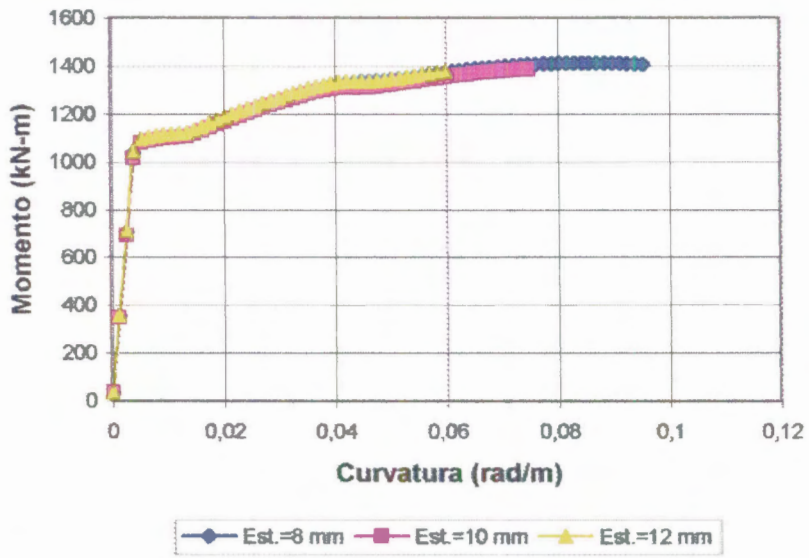
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=35 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 26\text{mm}$   $A'_s=5\Phi 24\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



B 7.8



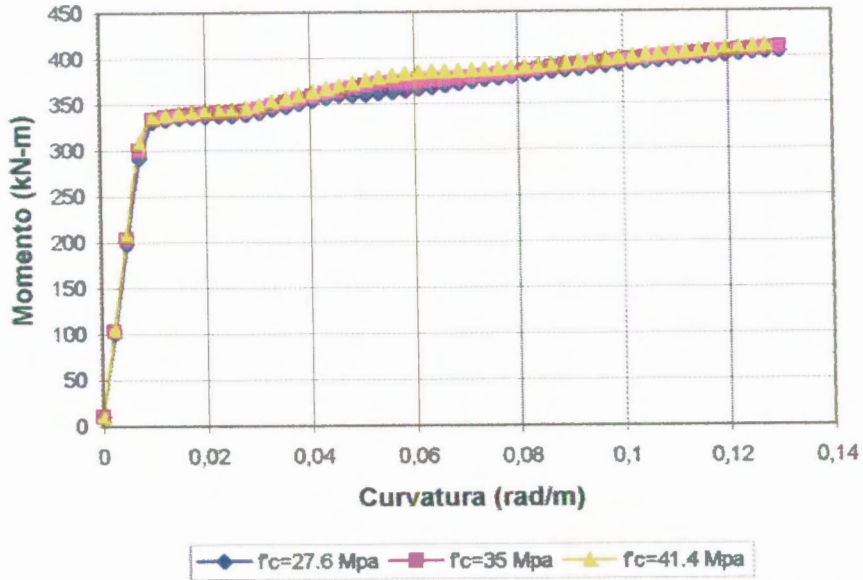
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=41,4 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   
 $A_s=6\Phi 26\text{mm}$   $A'_s=5\Phi 24\text{mm}$   $s=100\text{mm}$



B 7.9

### Diagramas Momento-Curvatura

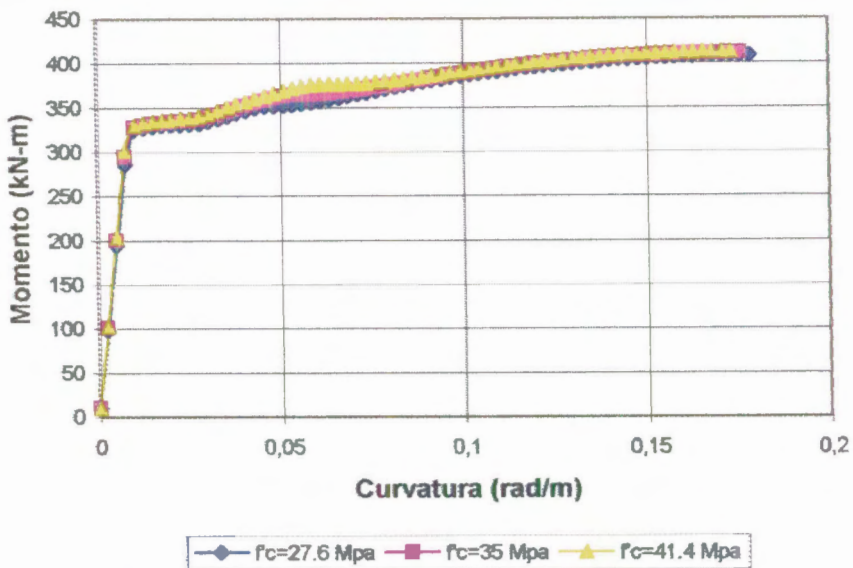
$f_y=414$  MPa  $b=300$ mm  $h=500$ mm  $A_s=6\Phi 20$ mm  $A's=3\Phi 24$   
mm Est. 8mm c/100 mm



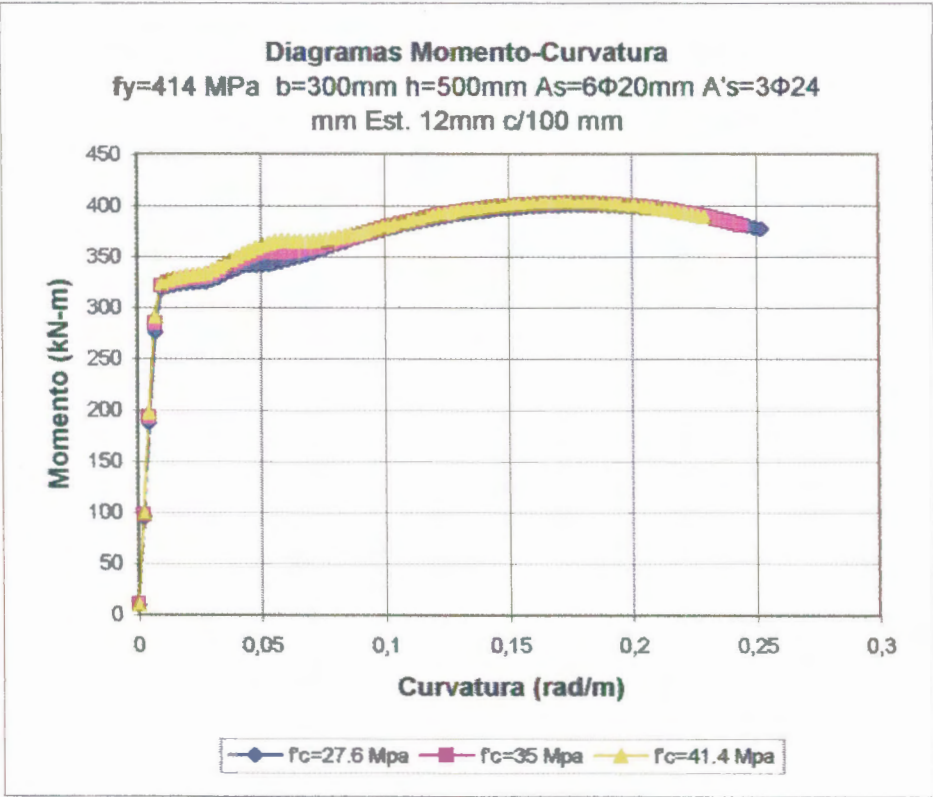
B 8.1

### Diagramas Momento-Curvatura

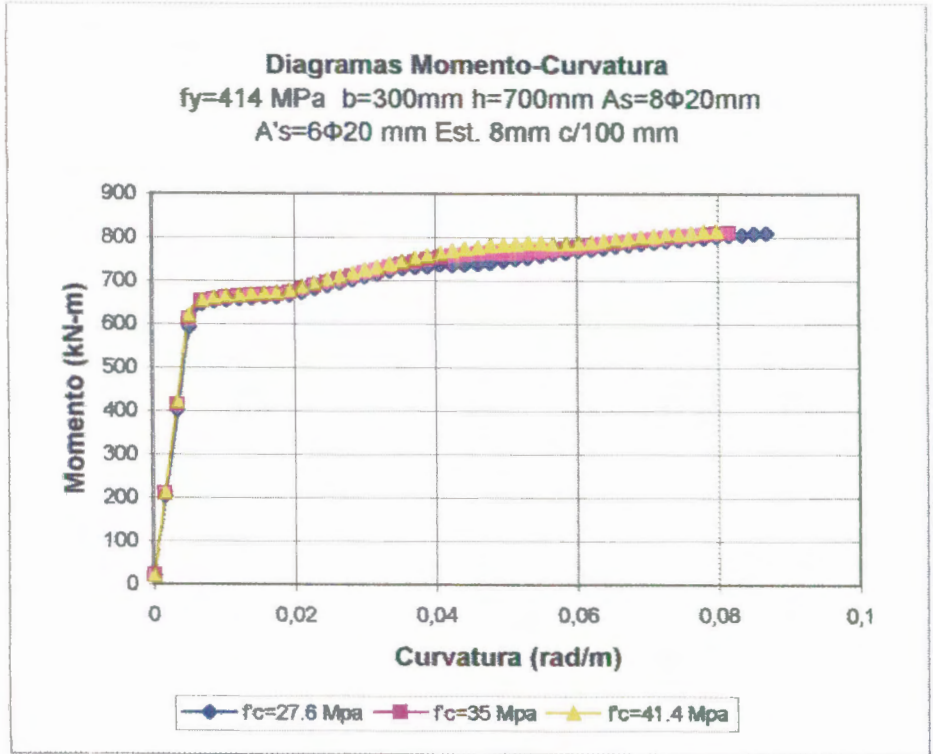
$f_y=414$  MPa  $b=300$ mm  $h=500$ mm  $A_s=6\Phi 20$ mm  $A's=3\Phi 24$   
mm Est. 10mm c/100 mm



B 8.2

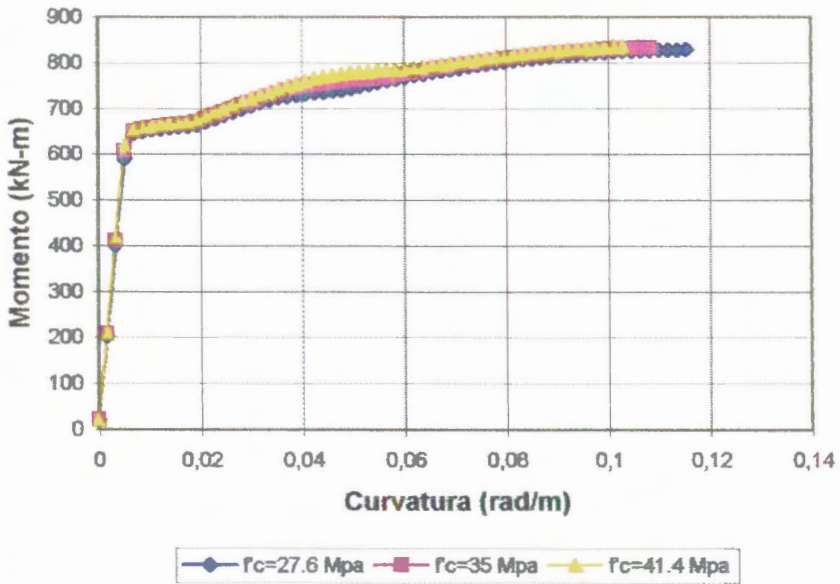


B 8.3



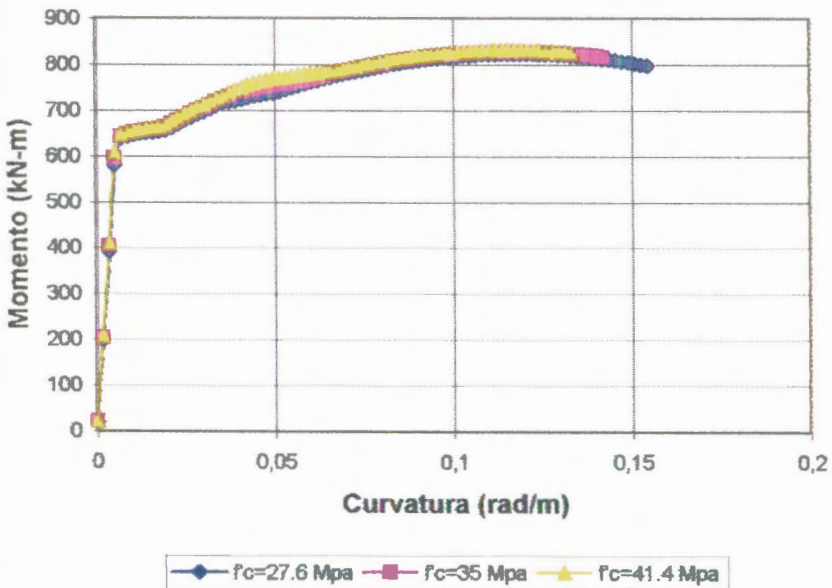
B 8.4

**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   $A_s=8\Phi 20\text{mm}$   
 $A's=6\Phi 20 \text{ mm Est. } 10\text{mm } c/100 \text{ mm}$

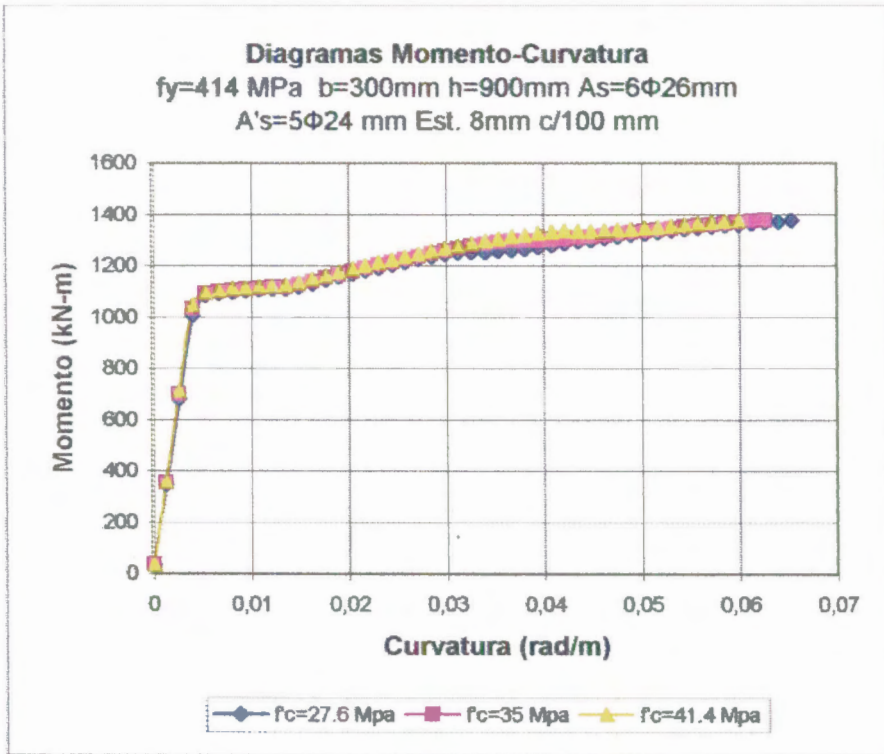


B 8.5

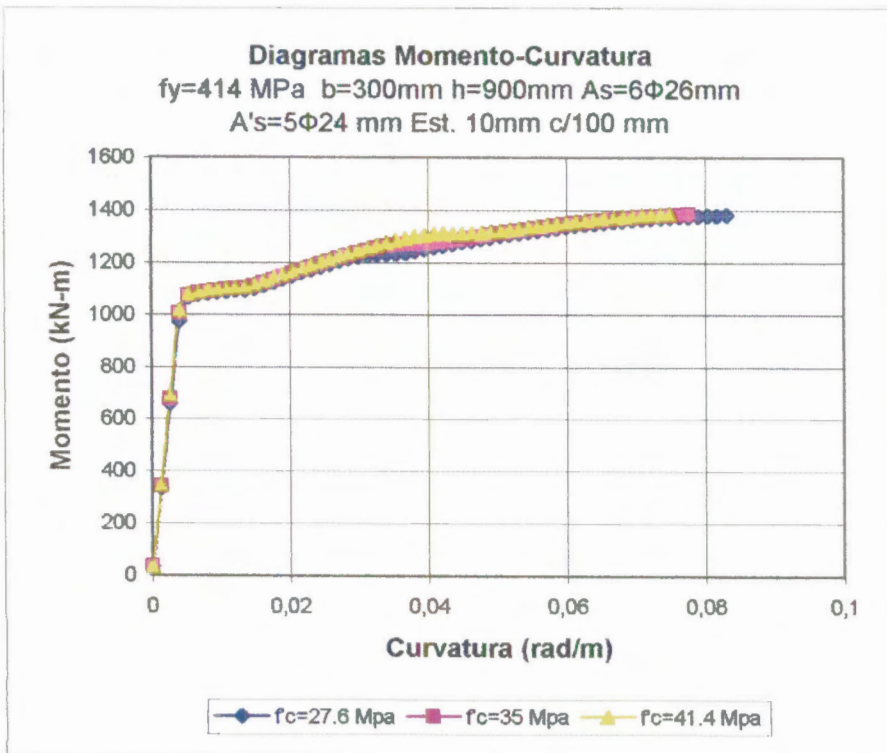
**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=700\text{mm}$   $A_s=8\Phi 20\text{mm}$   
 $A's=6\Phi 20 \text{ mm Est. } 12\text{mm } c/100 \text{ mm}$



B 8.6



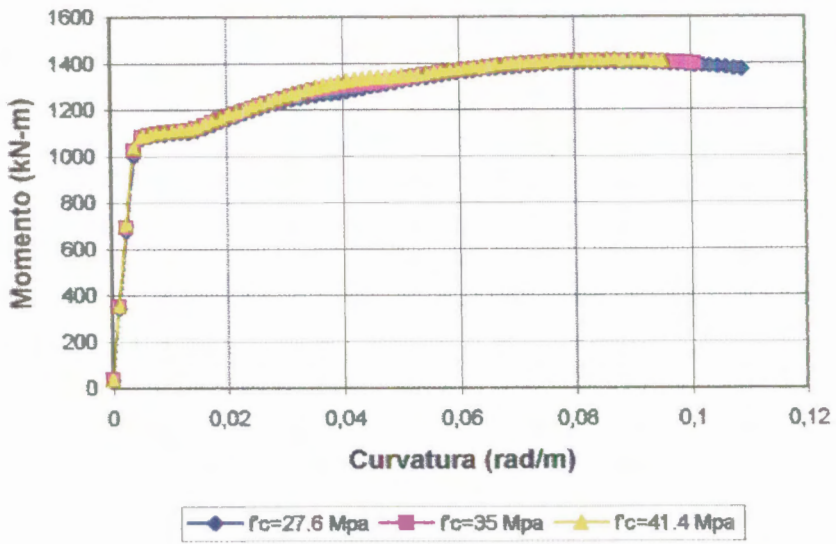
B 8.7



B 8.8



**Diagramas Momento-Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $b=300\text{mm}$   $h=900\text{mm}$   $A_s=6\Phi 26\text{mm}$   
 $A's=5\Phi 24 \text{ mm Est. } 12\text{mm } c/100 \text{ mm}$



B 8.9

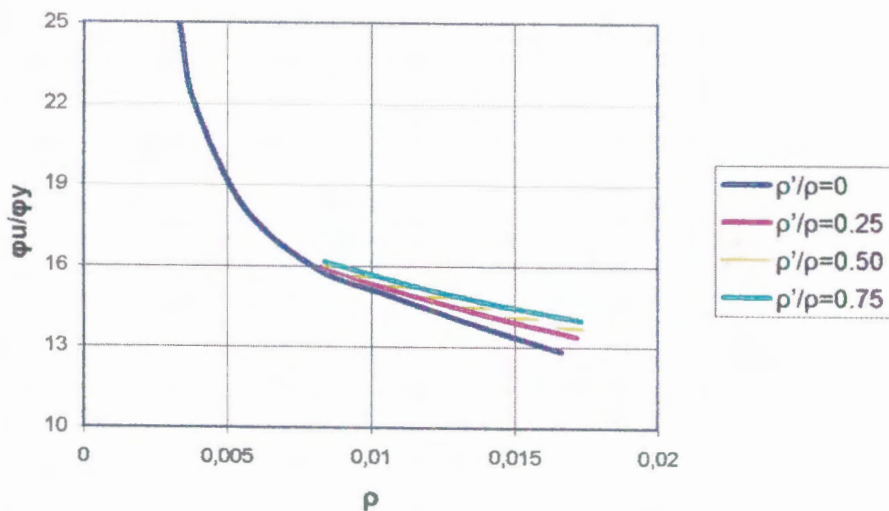
# ANEXO C

Curvas Ductilidad de Curvatura para  
Vigas Rectangulares de Concreto  
Armado



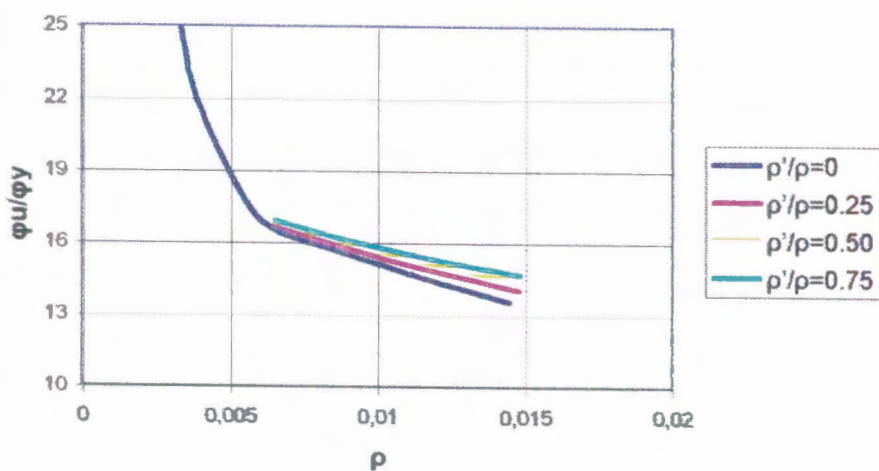
BIBLIOTECA FICT  
ESPOIL

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=300$  mm



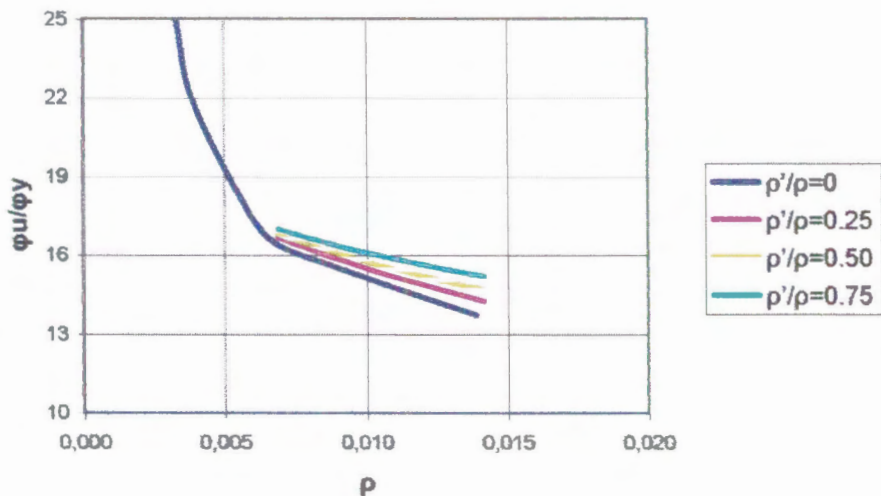
C 1

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=400$  mm



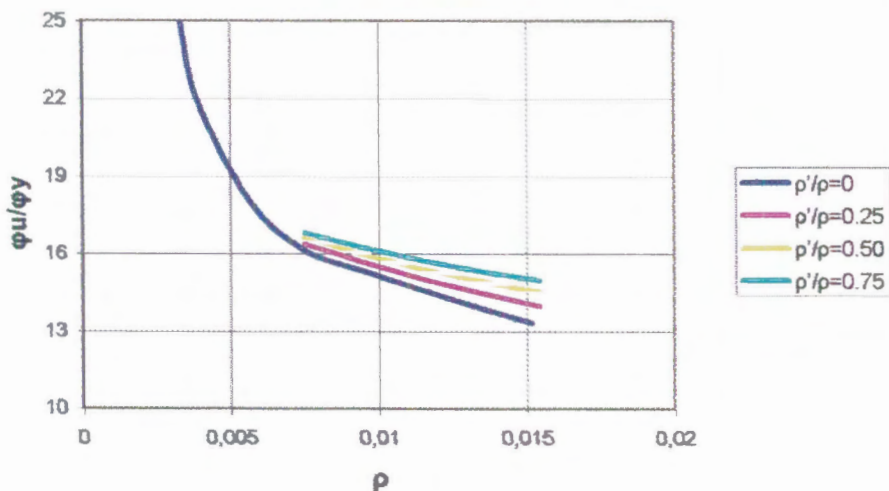
C 2

**Curvas Razón Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=500$  mm



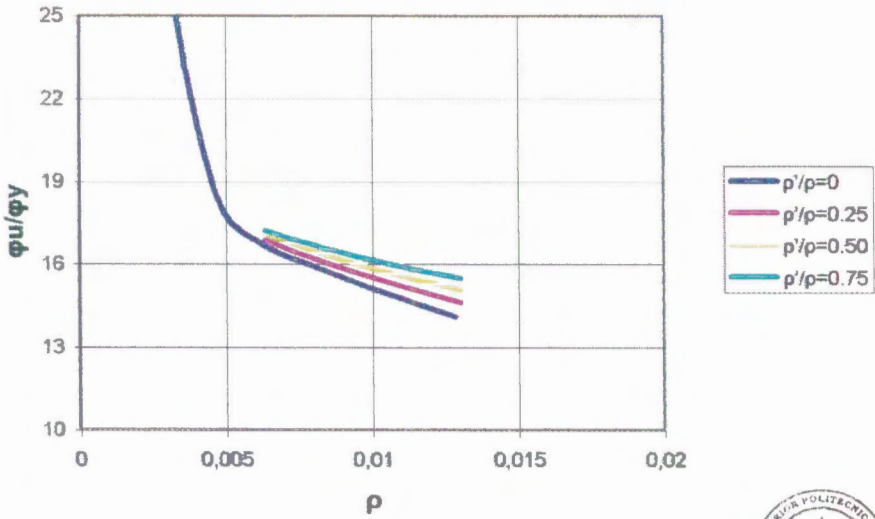
C 3

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=600$  mm



C 4

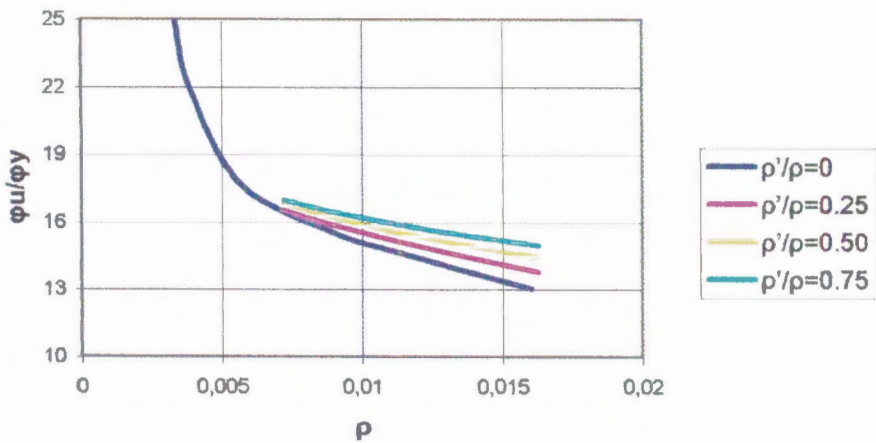
**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=700 \text{ mm}$



C 5



**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ Mpa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=800 \text{ mm}$

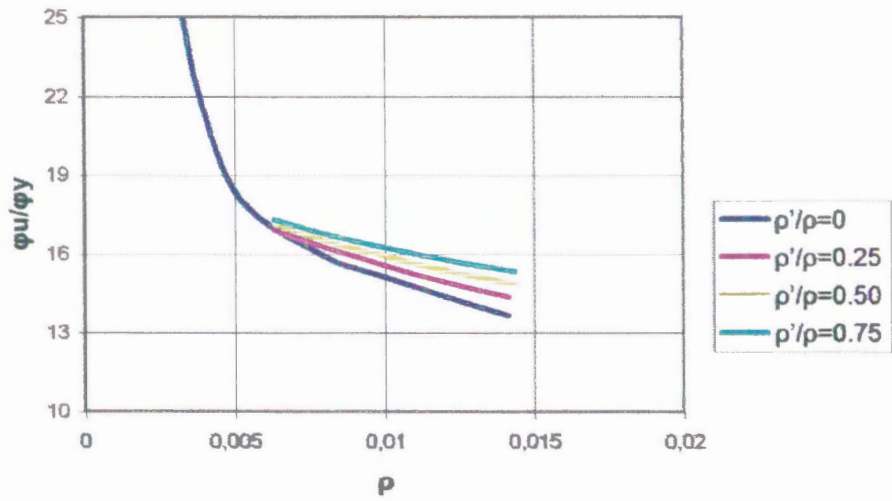


BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

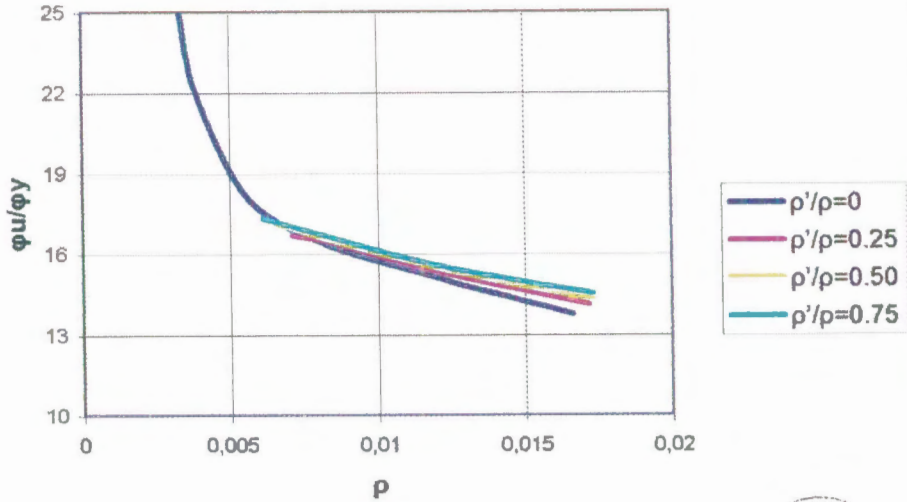
C 6



**Curvas Raz3n de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ Mpa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=900 \text{ mm}$



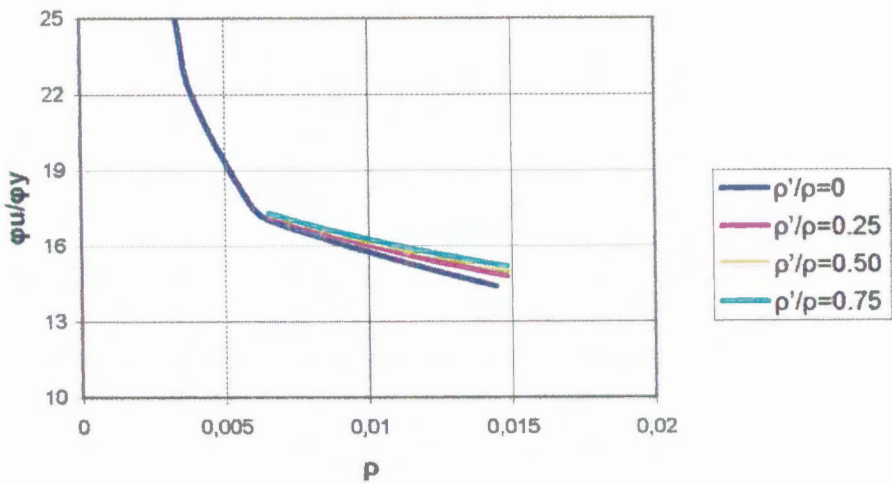
**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=300 \text{ mm}$



C 1.1



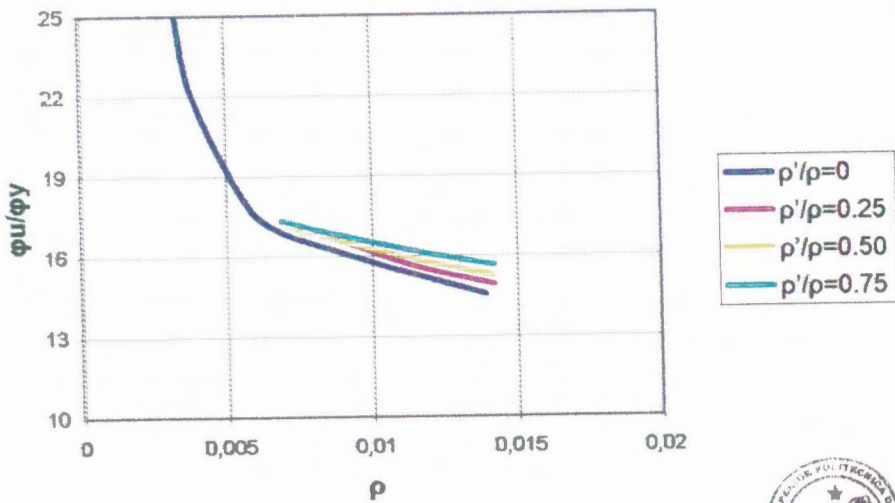
**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ Mpa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=400 \text{ mm}$



C 1.2

BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

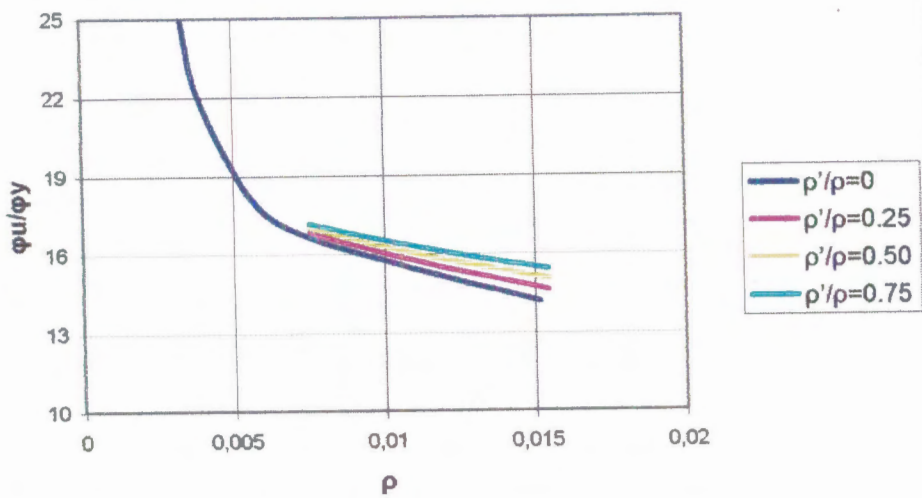
**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f'_c=35$  MPa Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=500$  mm



C 1.3

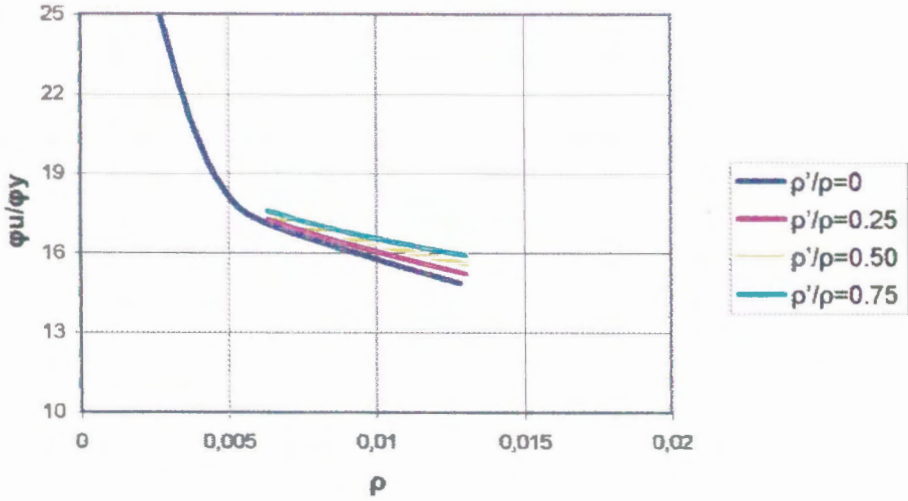
**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f'_c=35$  MPa Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=600$  mm

BIBLIOTECA FICT.  
**ESPOL**



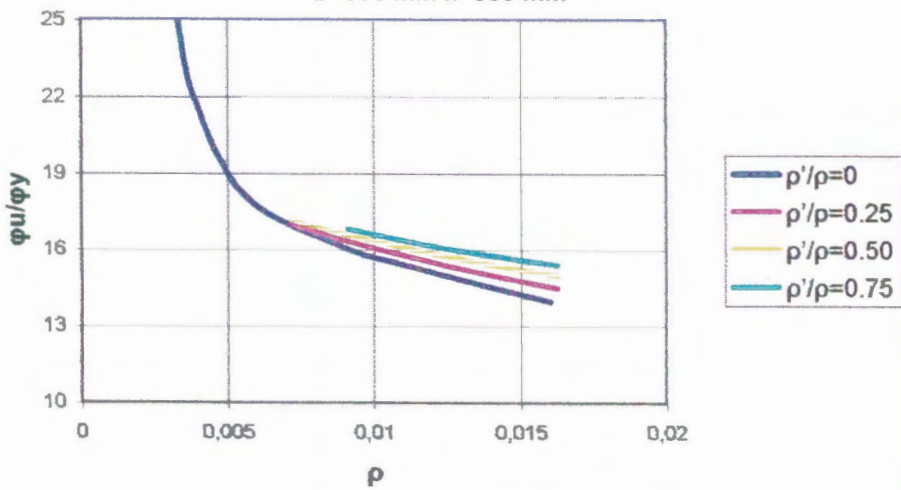
C 1.4

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=35 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=700 \text{ mm}$



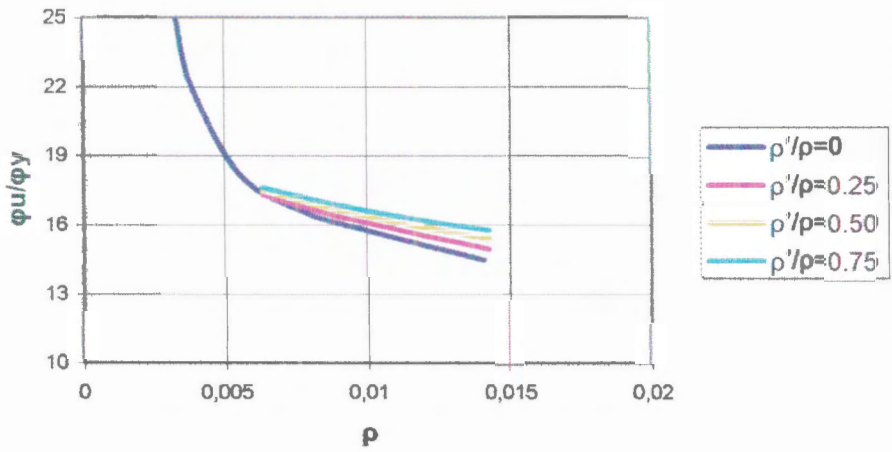
C 1.5

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=35 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=800 \text{ mm}$



C 1.6

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=900 \text{ mm}$

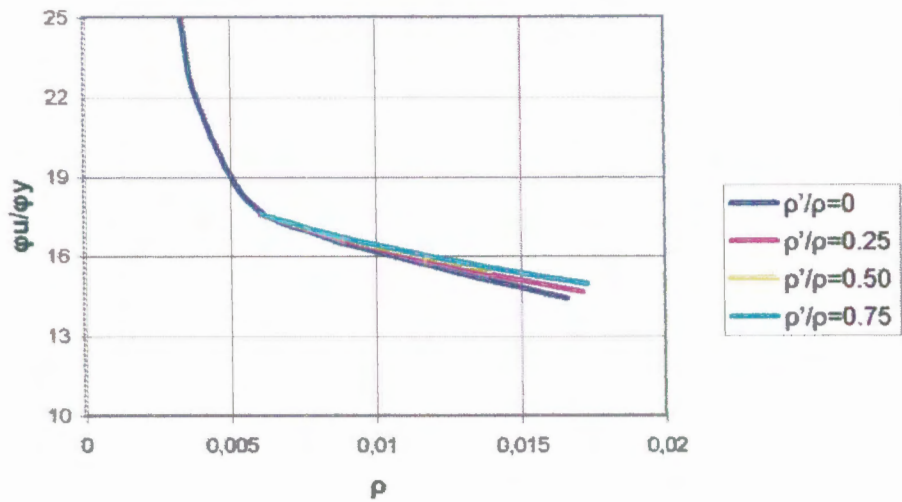


C 1.7



### Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura

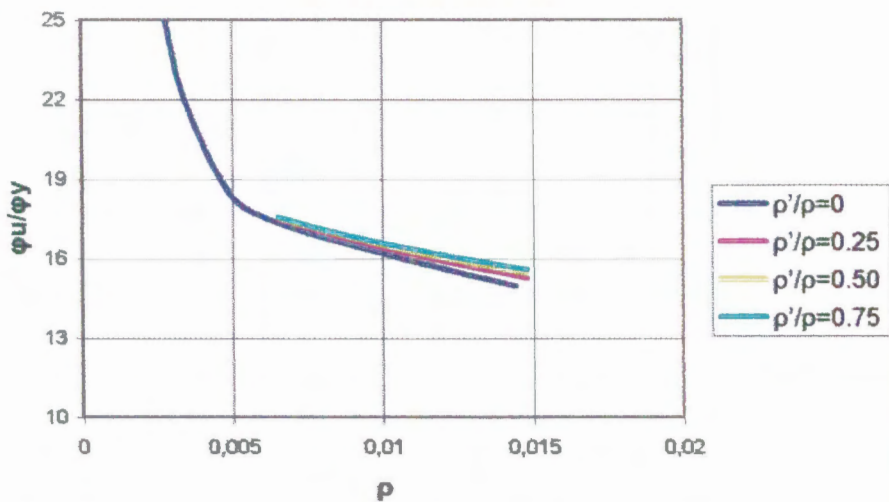
$f_y=414$  Mpa  $f_c=41,4$  Mpa Est.8mm c/100 mm  
b=300 mm h=300 mm



C 2.1

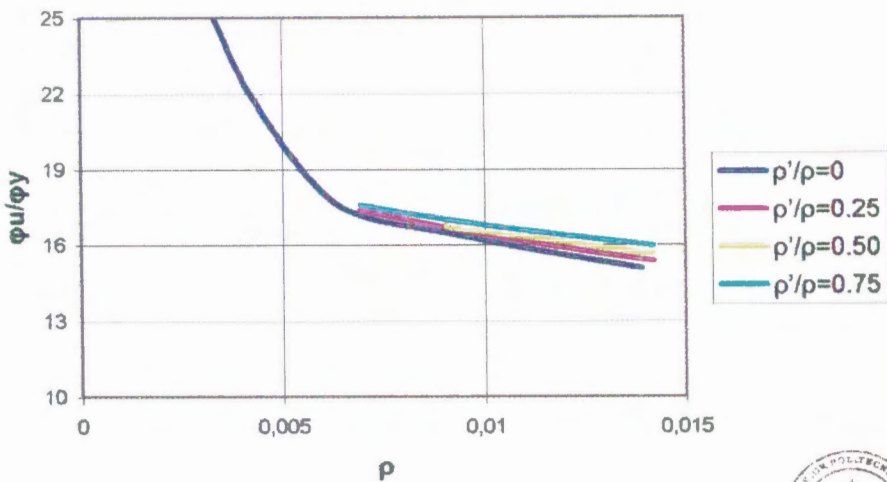
### Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura

$f_y=414$  MPa  $f_c=41,4$  MPa Est. 8mm c/100 mm  
b=300 mm h=400 mm



C 2.2

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=414 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=500 \text{ mm}$

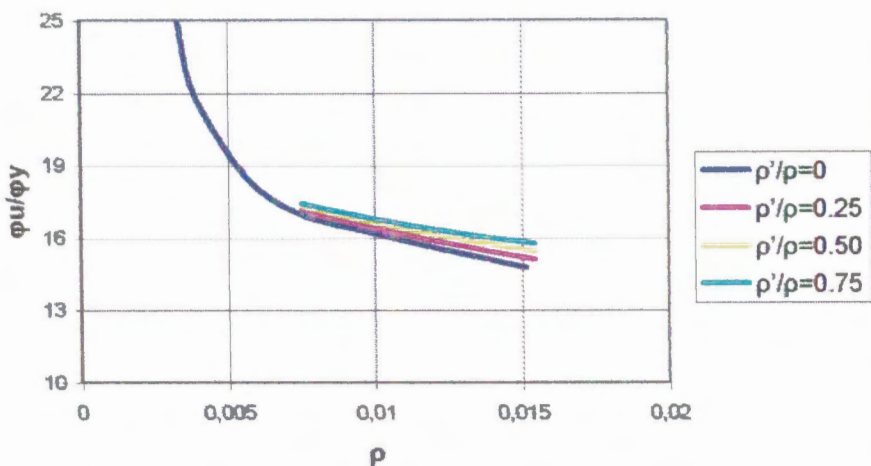


C 2.3



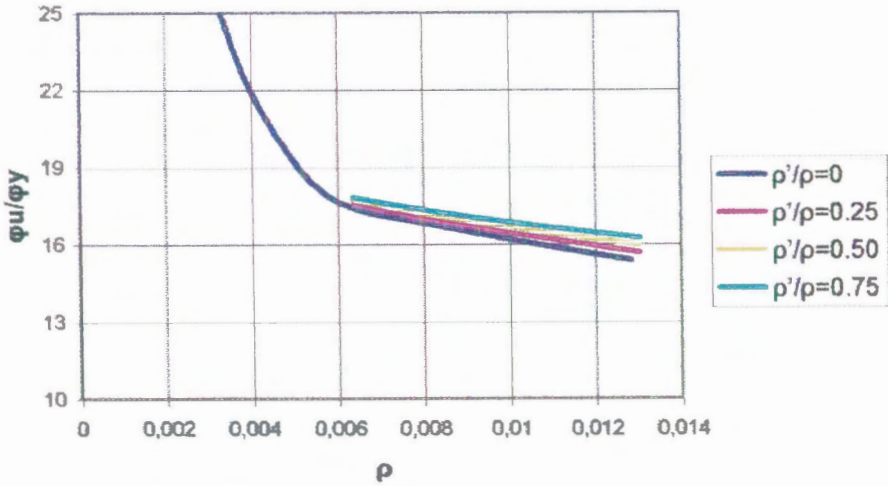
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=600 \text{ mm}$



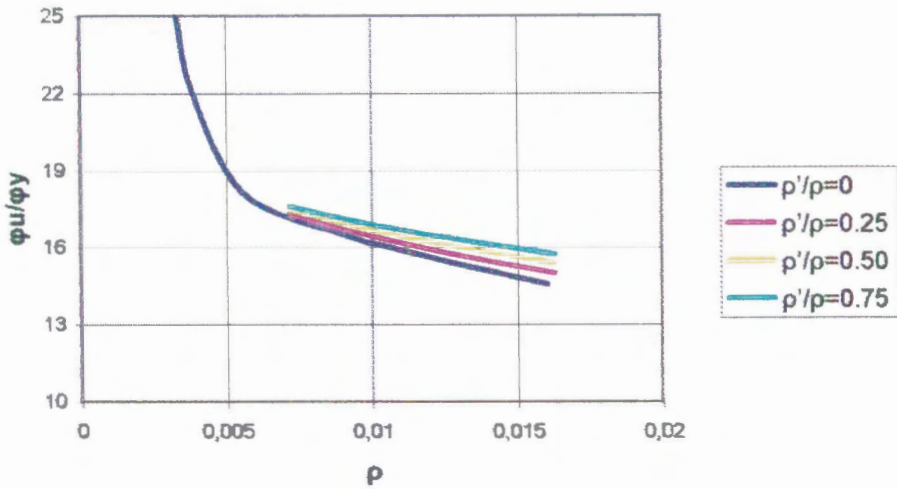
C 2.4

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=41,4$  MPa Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=700$  mm



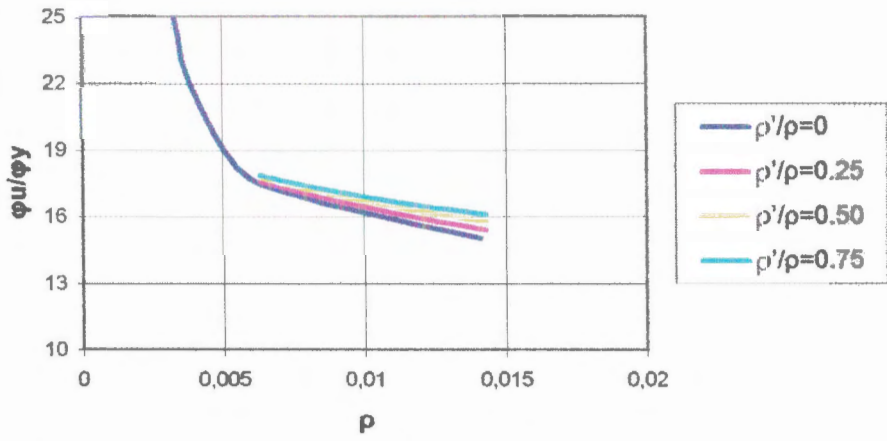
C 2.5

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=41,4$  MPa Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300$  mm  $h=800$  mm



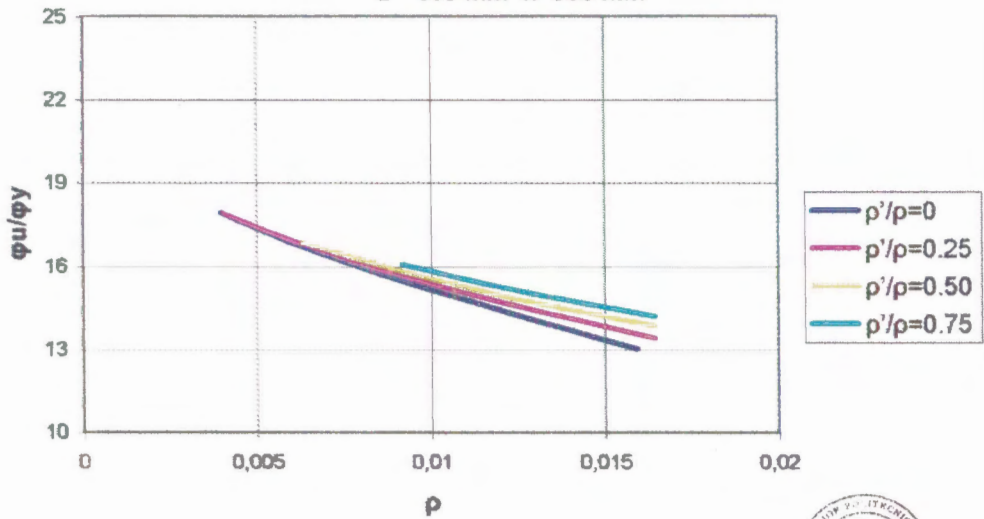
C 2.6

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=41,4 \text{ MPa}$  Est. 8mm c/100 mm  
 $b=300 \text{ mm}$   $h=900 \text{ mm}$



C 2.7

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=300 \text{ mm}$

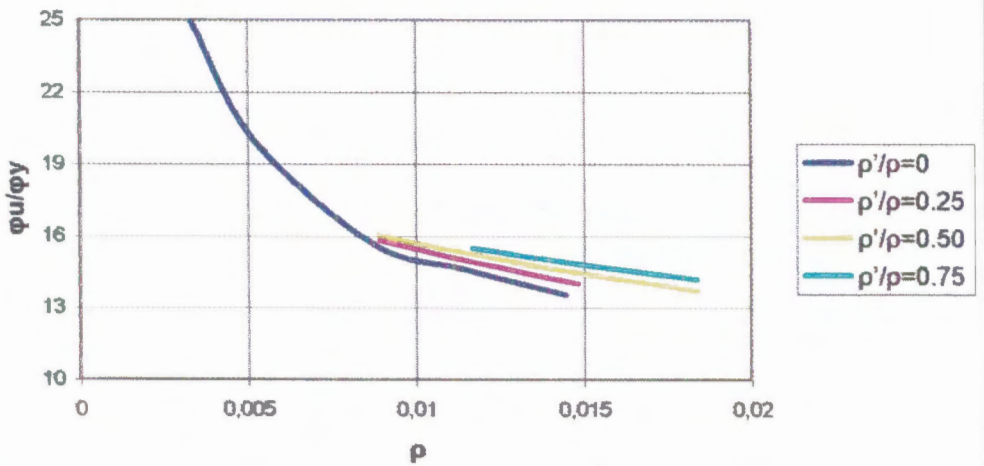


C 3.1



**Curvas Razón Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=400 \text{ mm}$

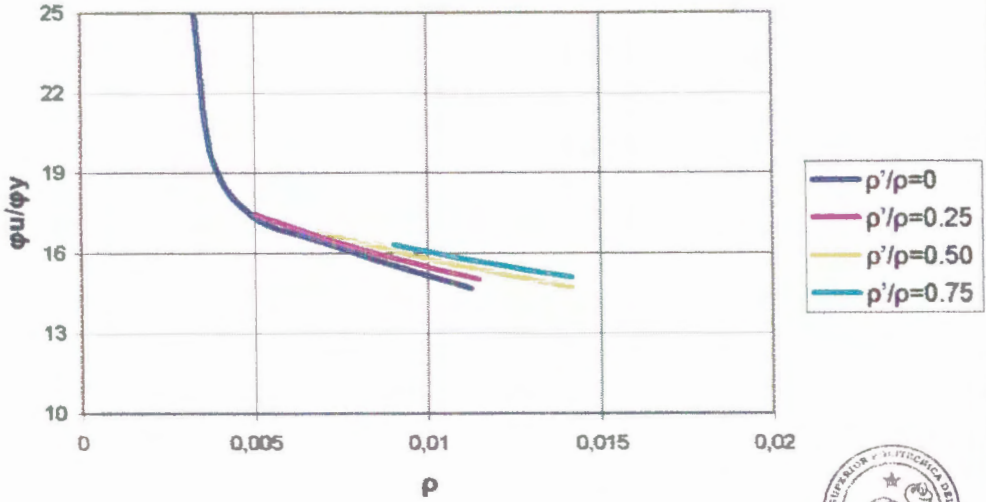
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**



C 3.2



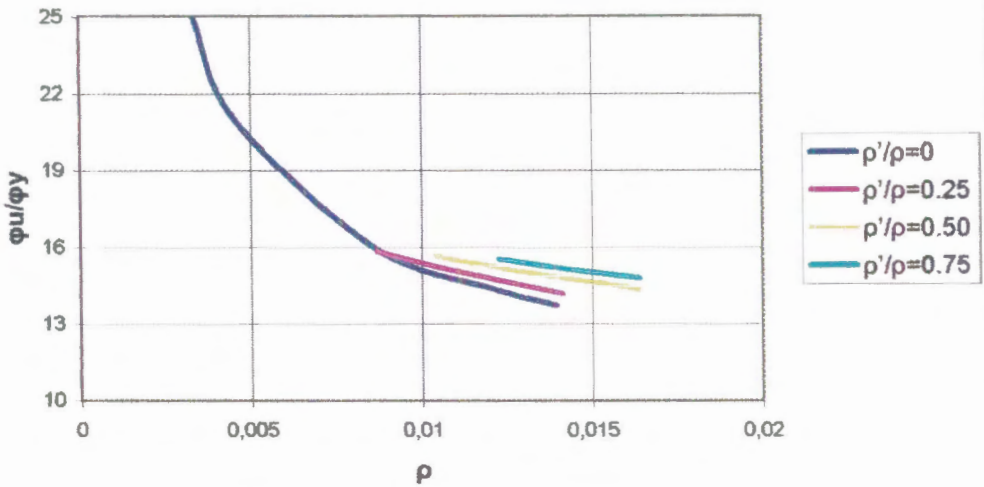
**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=500 \text{ mm}$



C 3.3

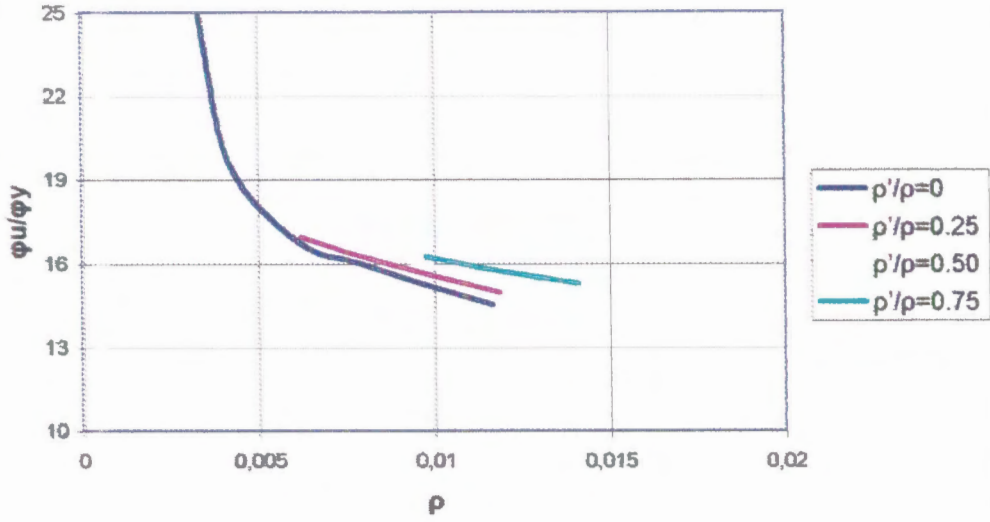
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ Mpa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=600 \text{ mm}$



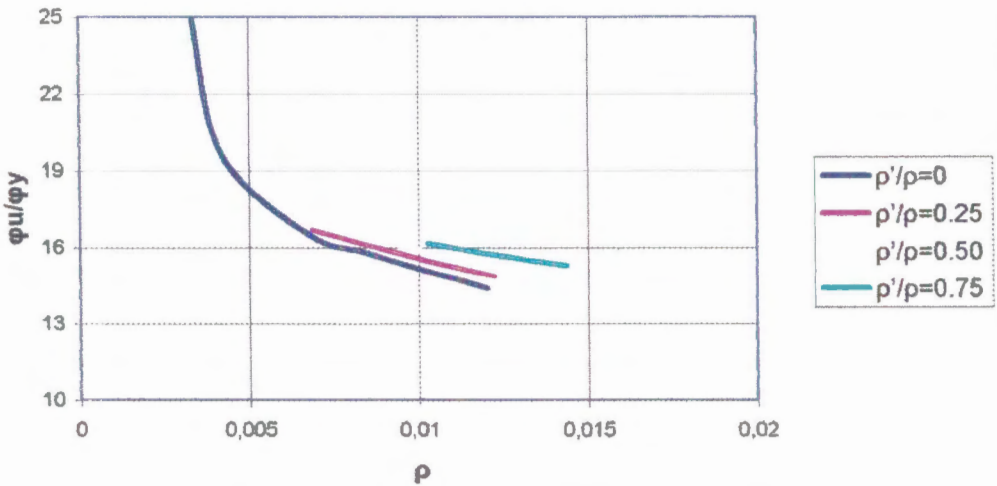
C 3.4

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=400$  mm  $h=700$  mm



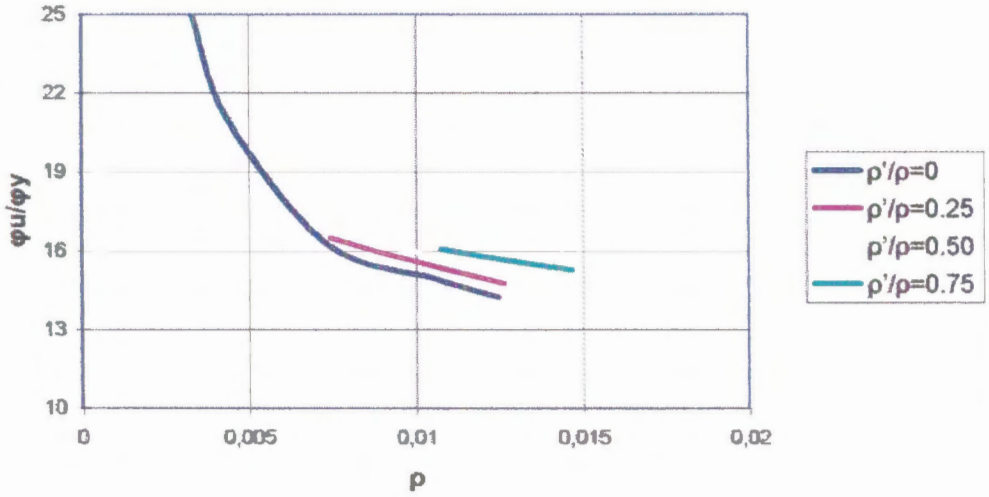
C 3.5

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=400$  mm  $h=800$  mm



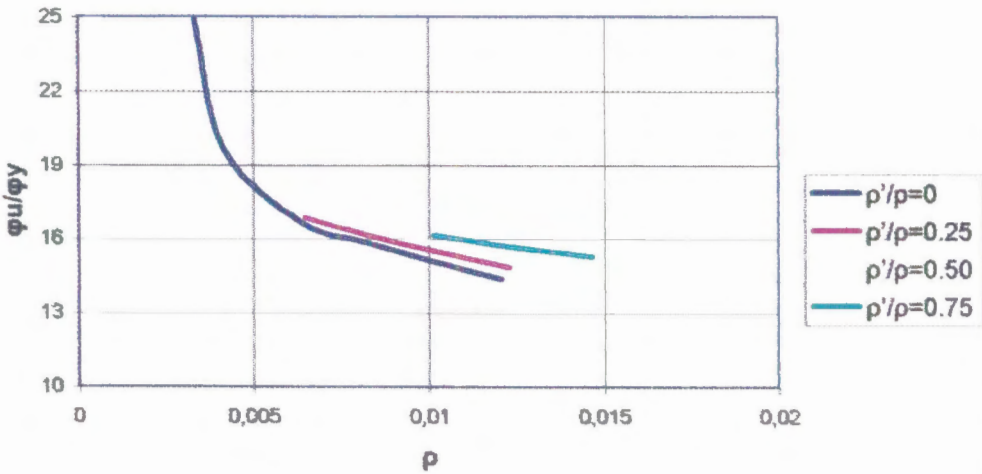
C 3.6

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=900 \text{ mm}$



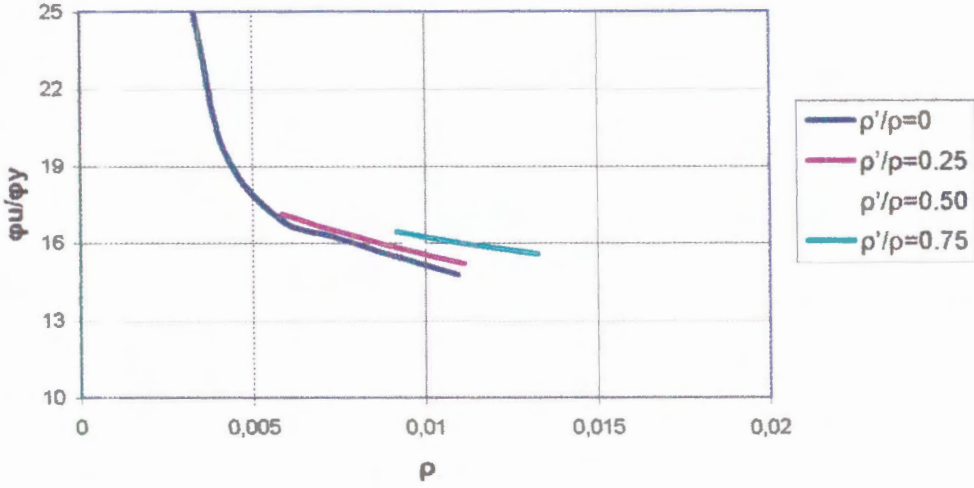
C 3.7

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=1000 \text{ mm}$



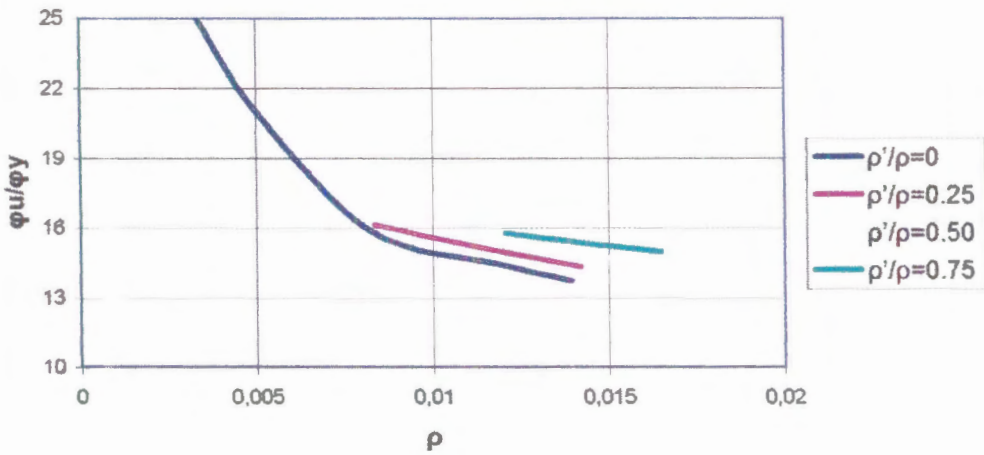
C 3,8

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=400$  mm  $h=1100$  mm



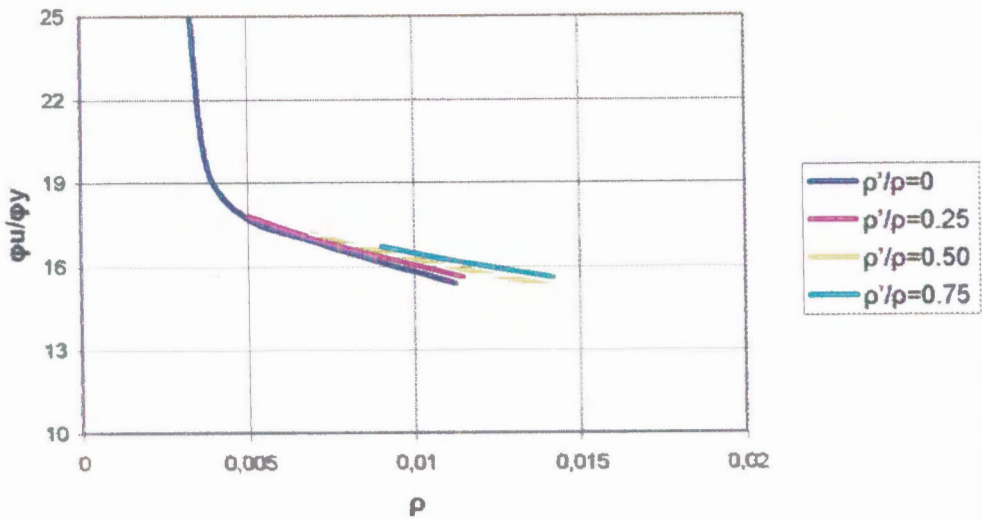
C 3.9

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=400$  mm  $h=1200$  mm



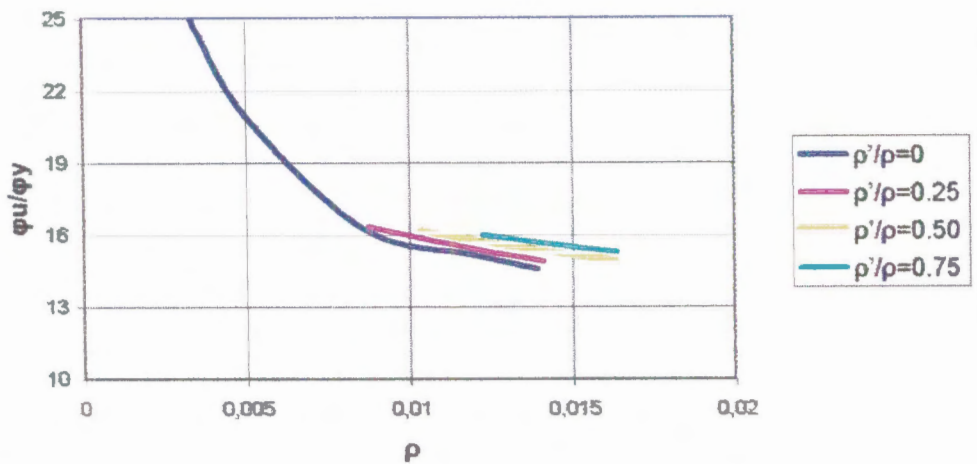
C 3.10

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=500 \text{ mm}$



C 4.3

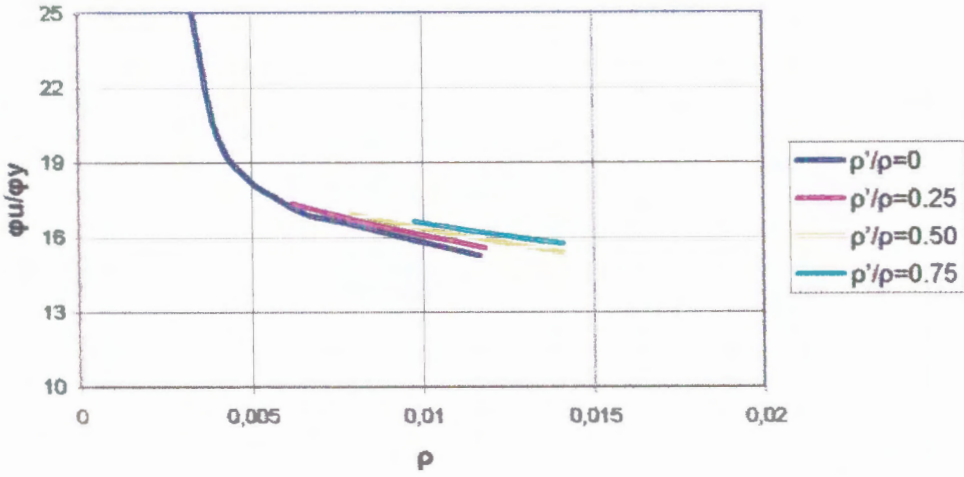
**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$ , Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ cm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=600 \text{ mm}$



C 4.4



**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=700 \text{ mm}$

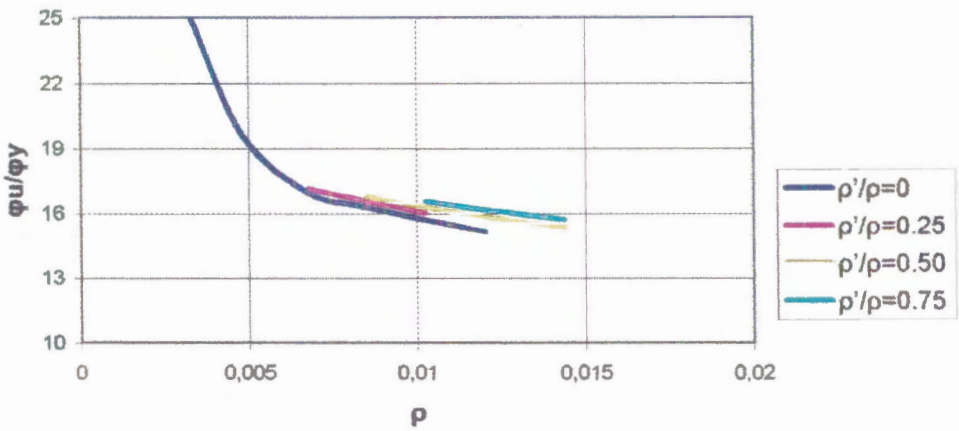


C 4.5



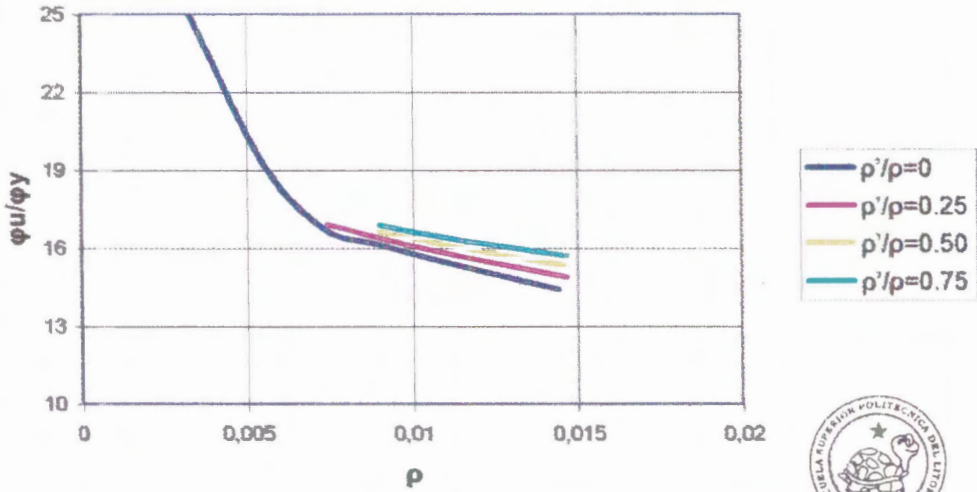
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=800 \text{ mm}$



C 4.6

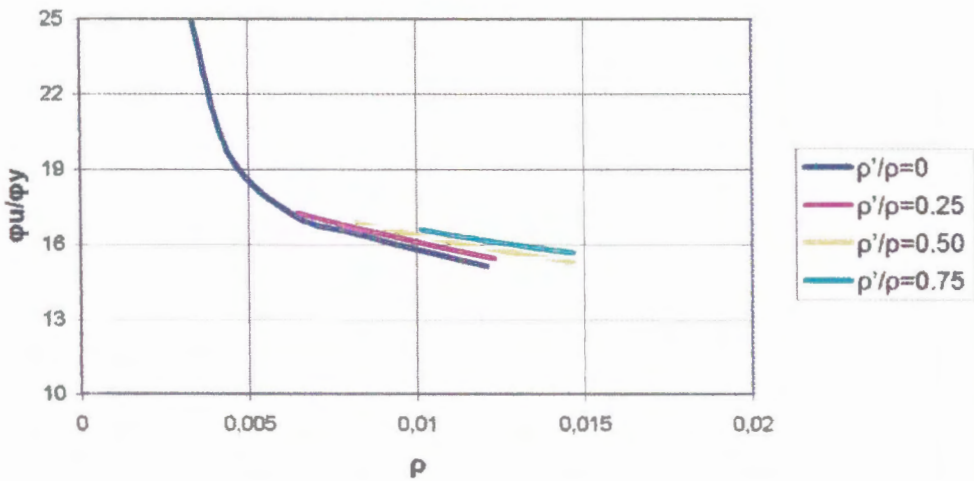
**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=900 \text{ mm}$



BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

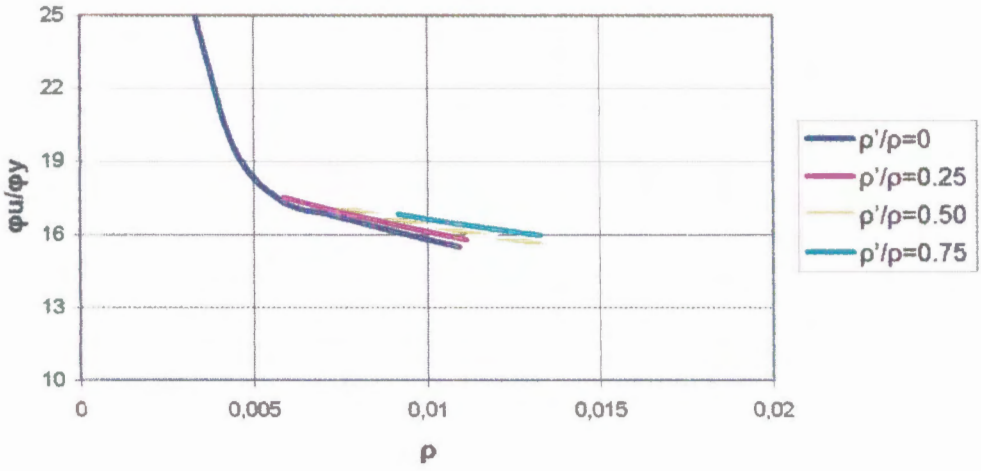
C 4.7

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $\phi=0,015 \text{ rad}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=100 \text{ mm}$



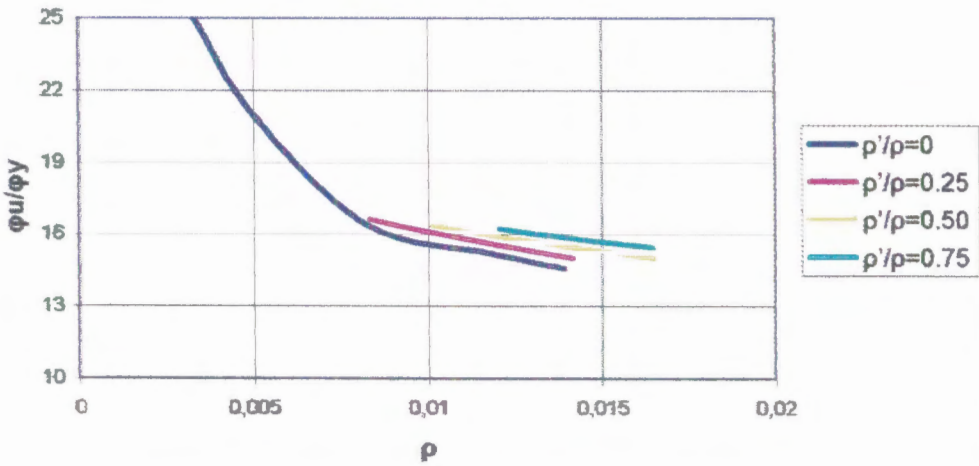
C 4.8

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=1100 \text{ mm}$



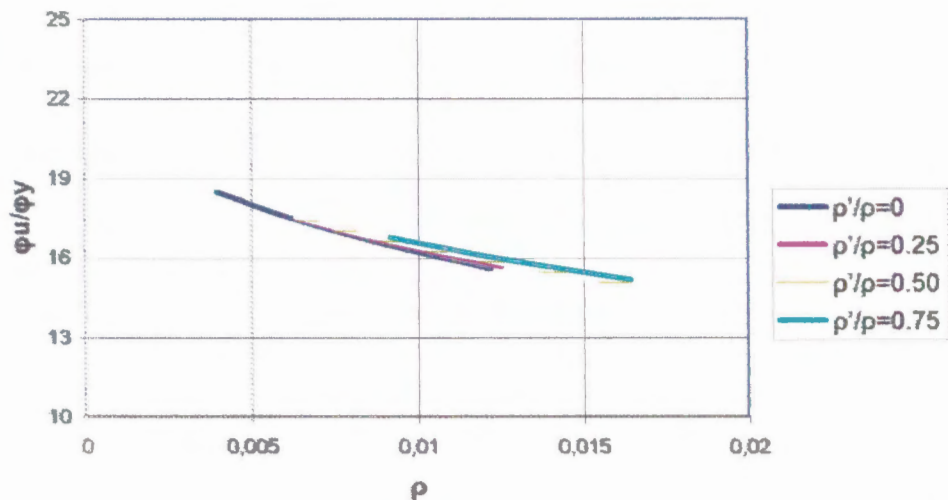
C 4.9

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=1200 \text{ mm}$



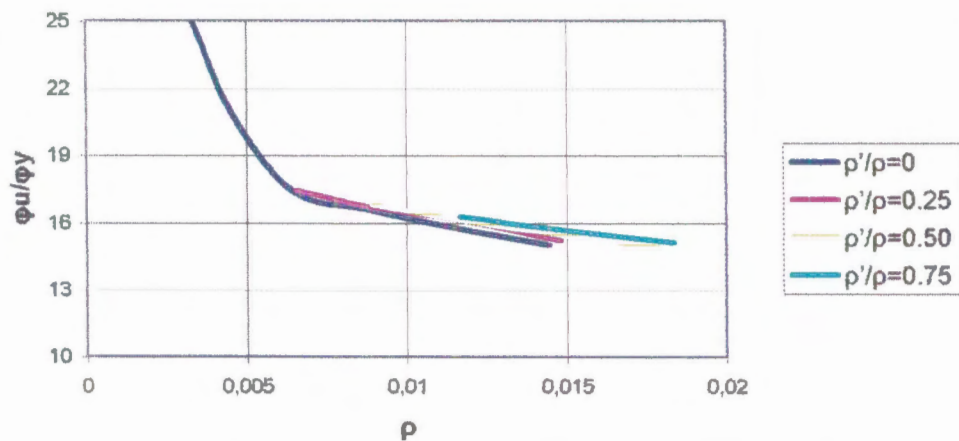
C 4.10

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f'_c=27,6$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm c/100 mm  
 $b=400$  mm  $h=300$  mm



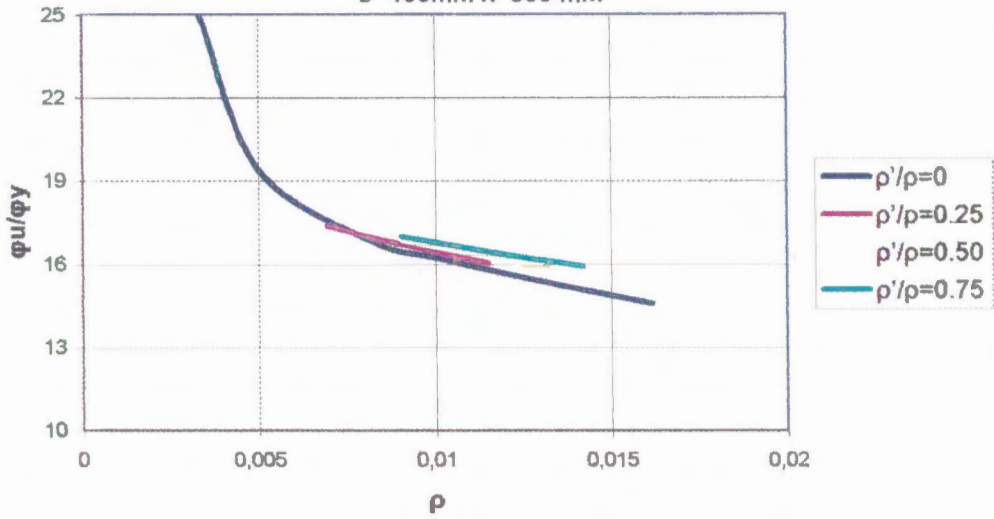
C 5.1

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f'_c=27,6$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm c/100 mm  
 $b=400$  mm  $h=400$  mm



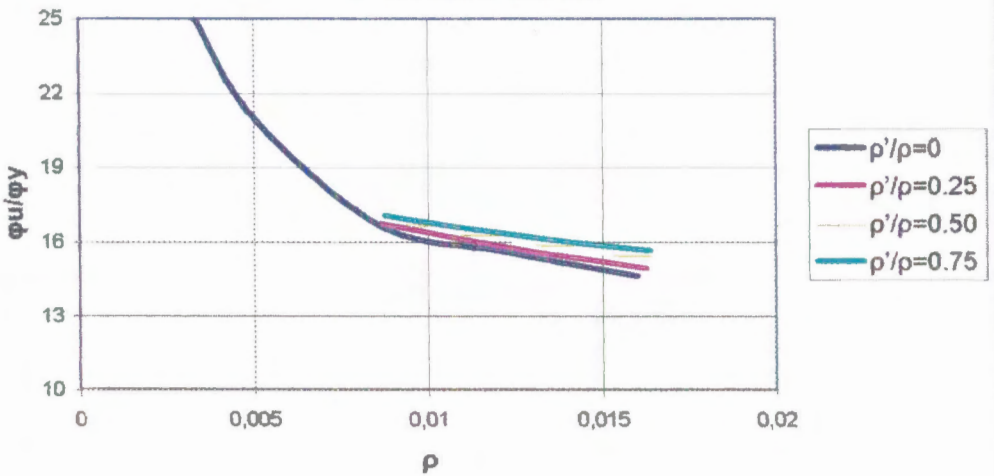
C 5.2

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400\text{mm}$   $h=500 \text{ mm}$



C 5.3

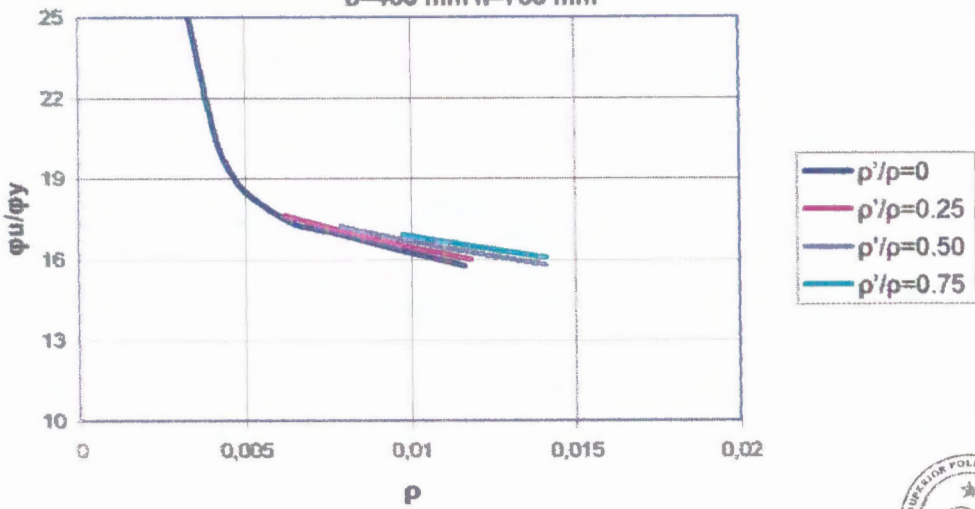
**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=600 \text{ mm}$



C 5.4



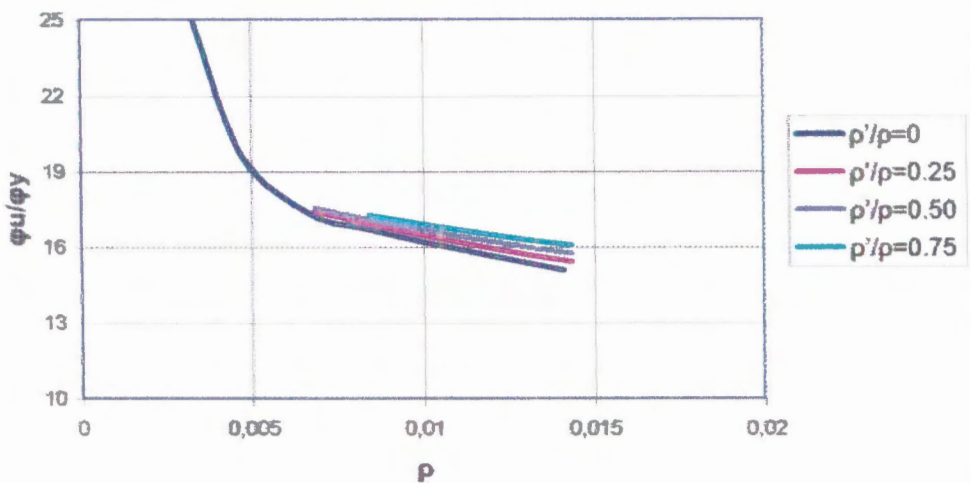
**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=700 \text{ mm}$



C 5.5

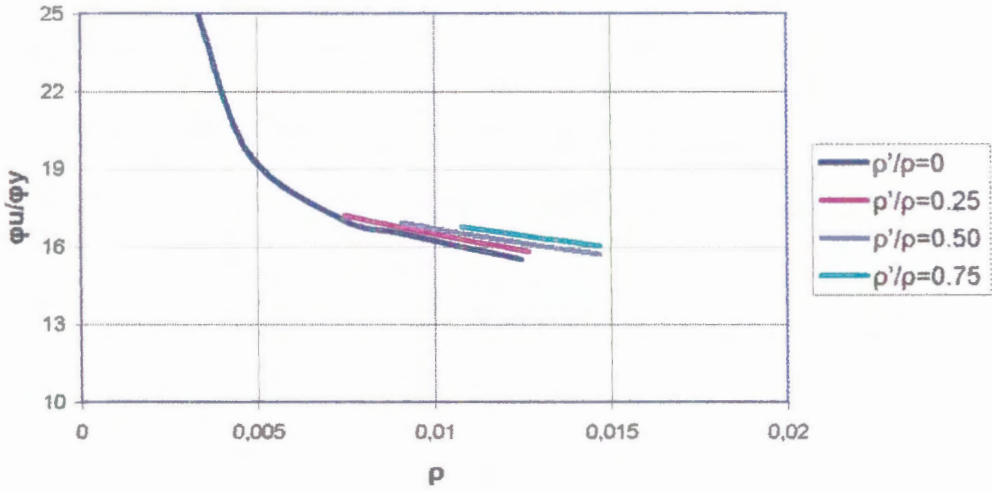
BIBLIOTECA FICT  
**ESPOL**

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=800 \text{ mm}$



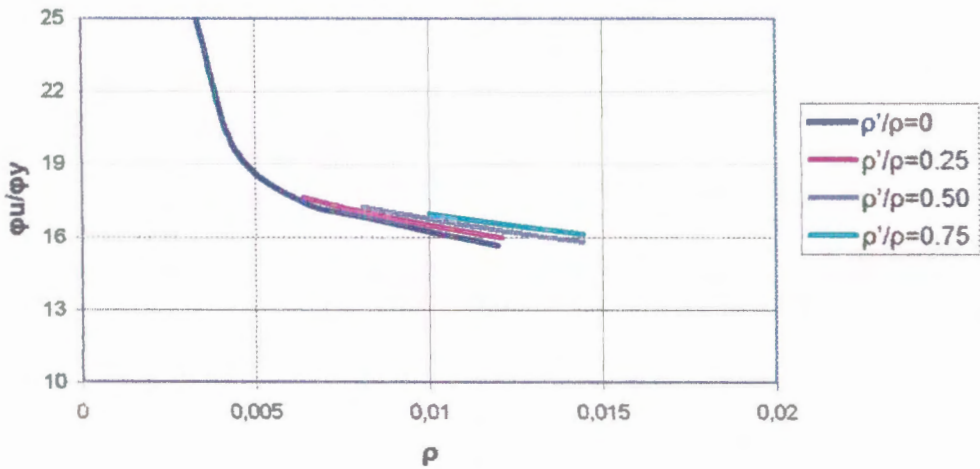
C 5.6

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=900 \text{ mm}$



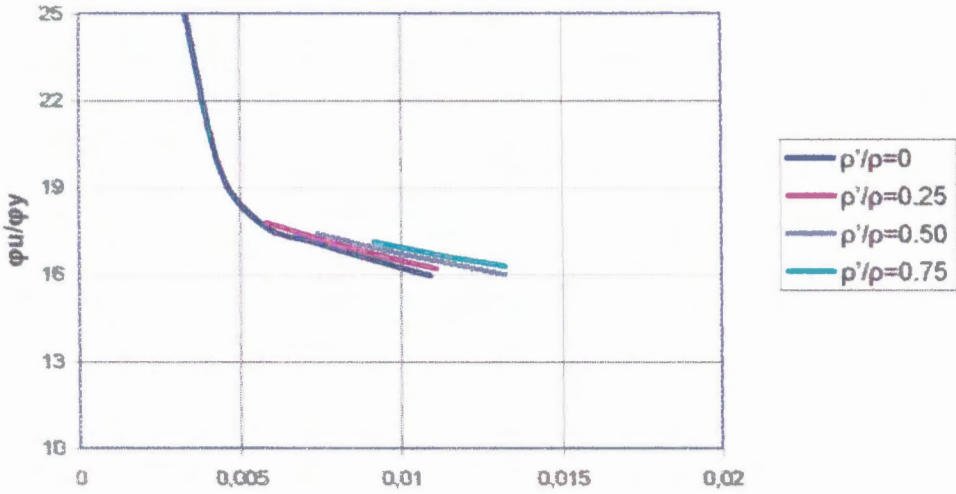
C 5.7

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$   $\varphi=0,015\text{rad}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=1000 \text{ mm}$



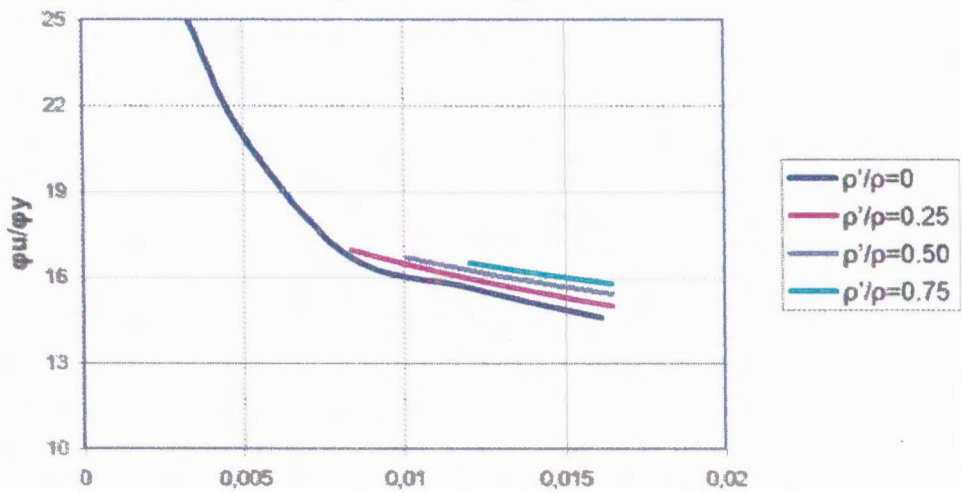
C 5.8

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=1100 \text{ mm}$



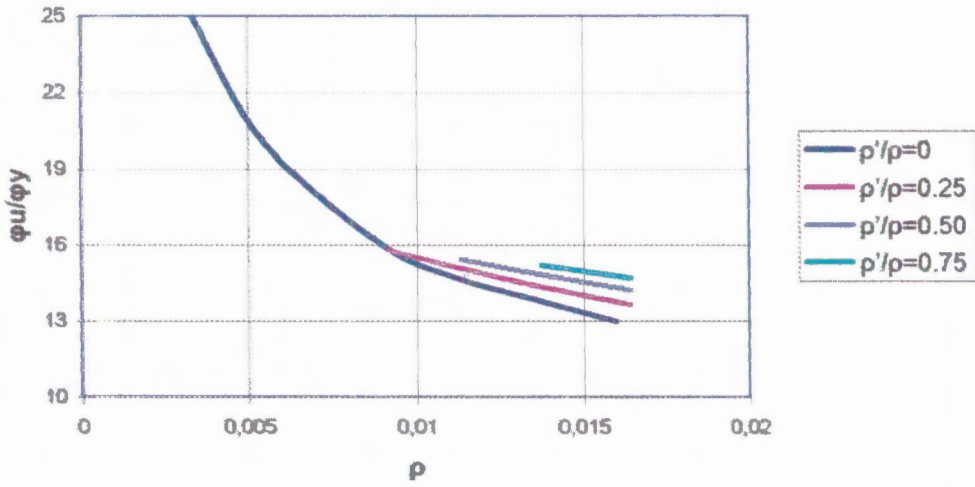
C 5.9

**Curvas Razòn de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=400 \text{ mm}$   $h=1200 \text{ mm}$



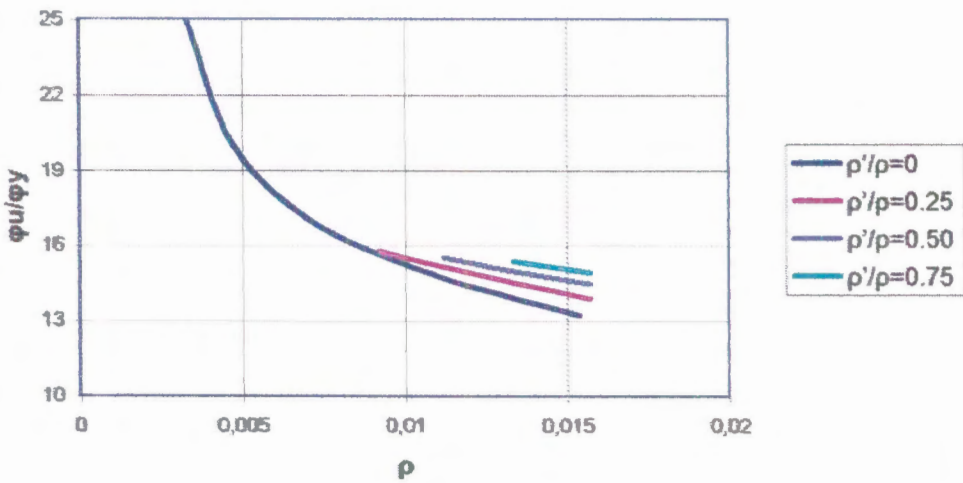
C 5.10

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=500 \text{ mm}$



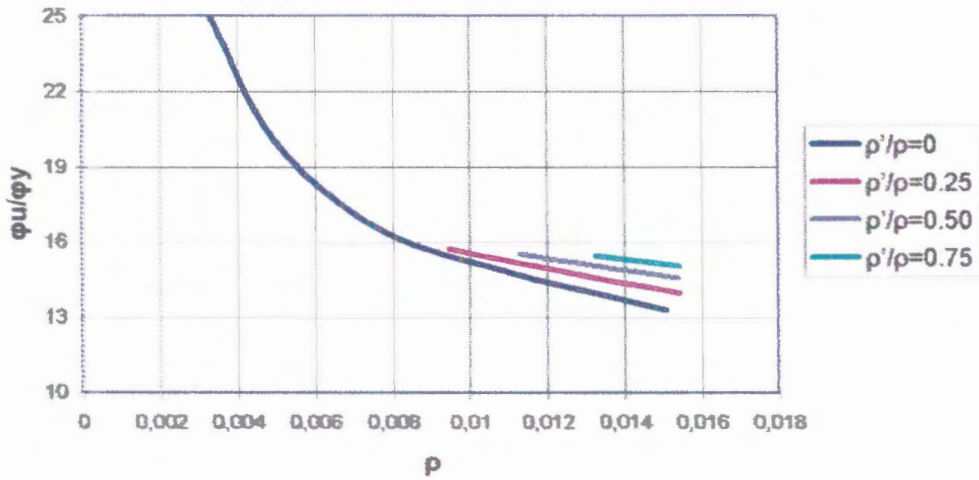
C 6.1

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=600 \text{ mm}$



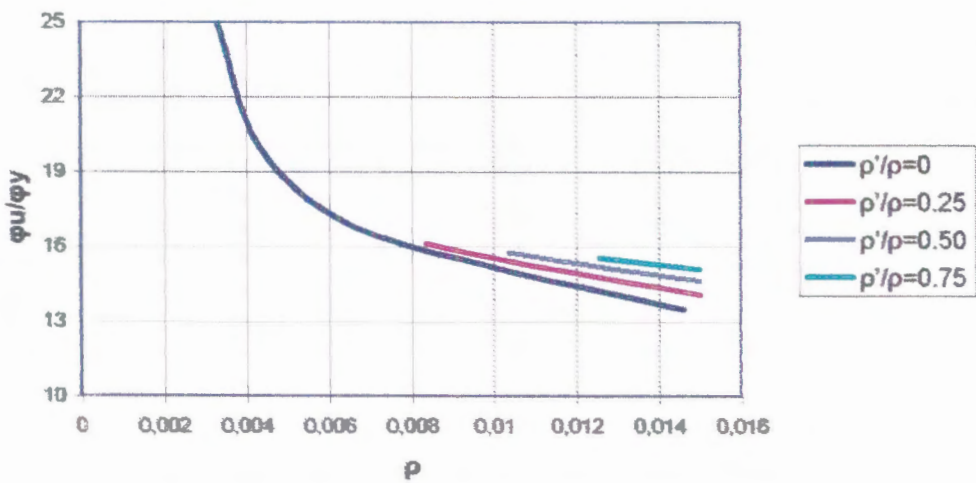
C 6.2

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=700 \text{ mm}$



C 6.3

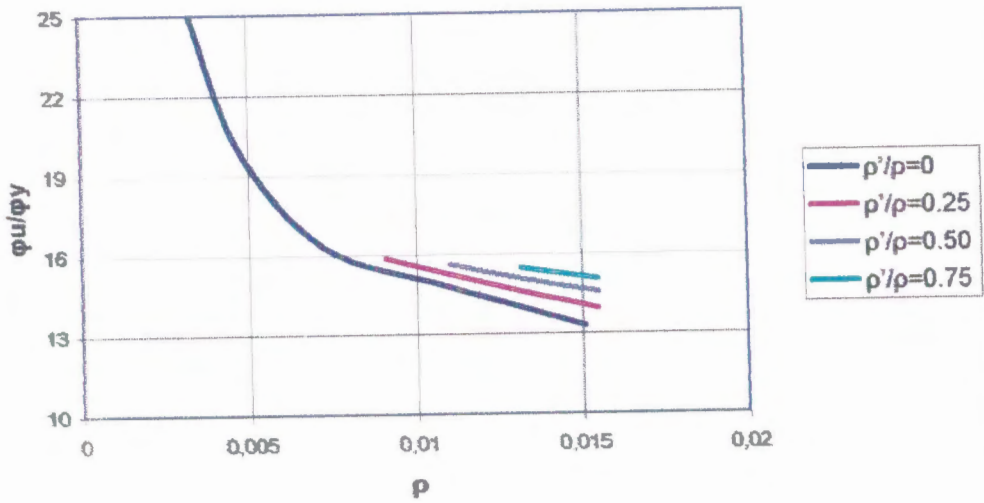
**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=800 \text{ mm}$



C 6.4

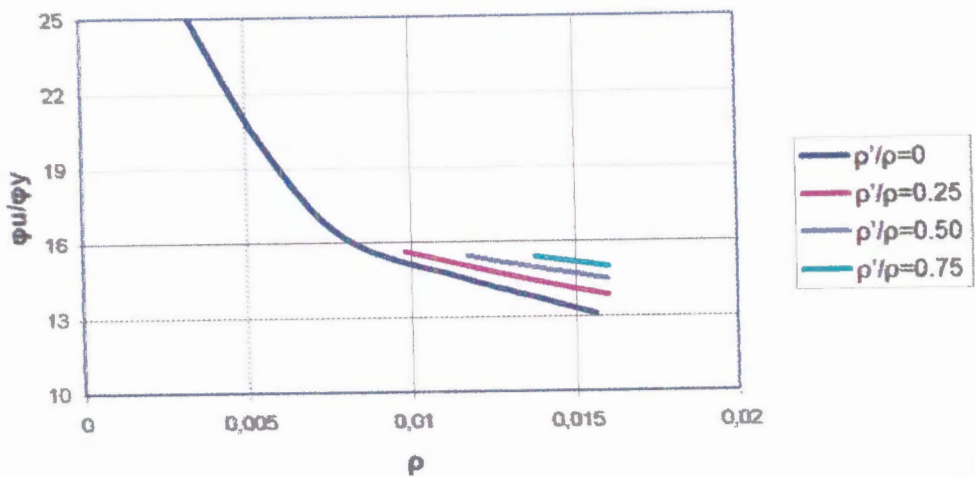


**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=900$  mm



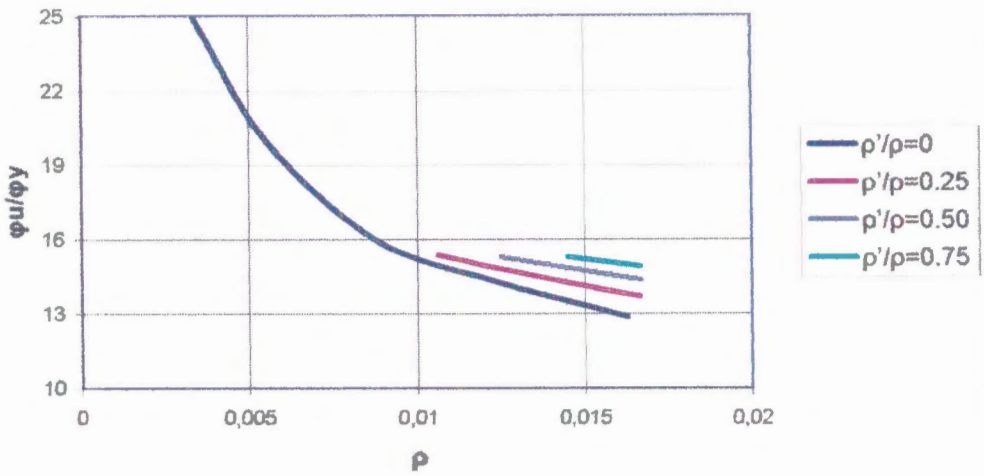
C 6.5

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=27,6$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=1000$  mm



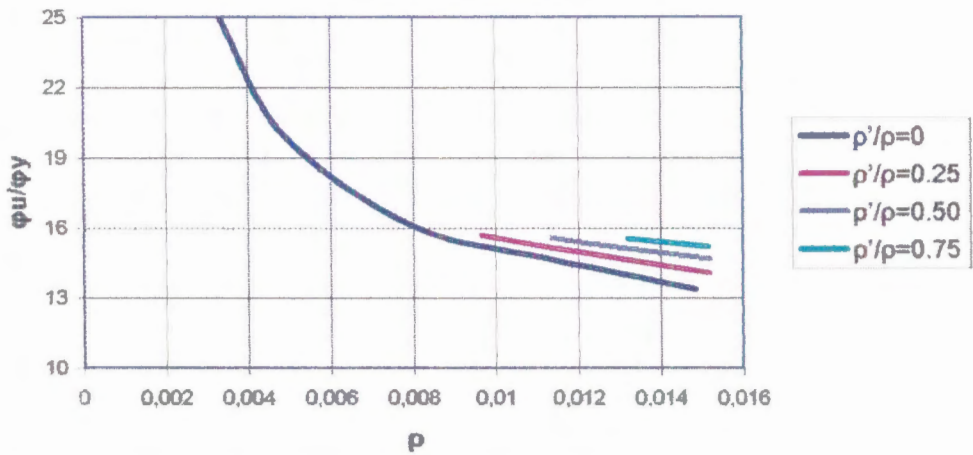
C 6.6

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1100 \text{ mm}$



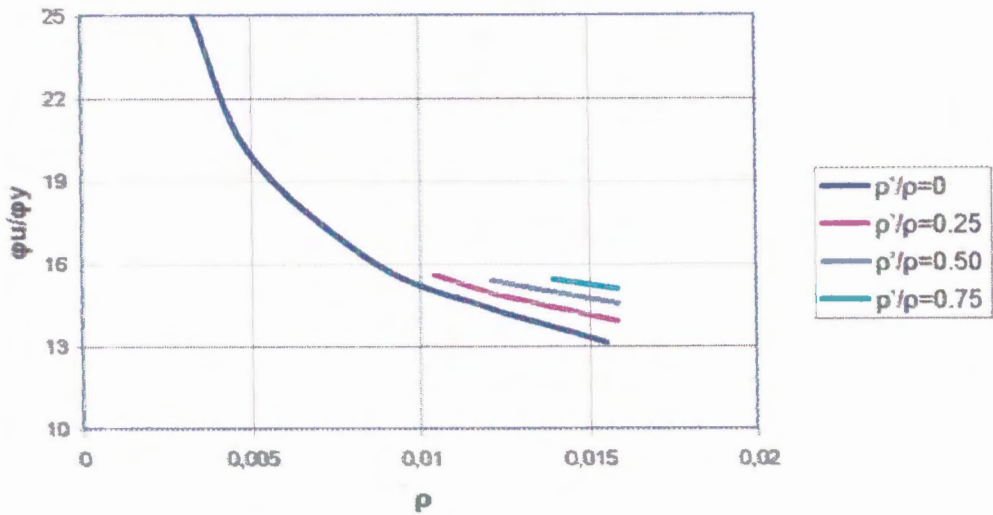
C 6.7

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1200 \text{ mm}$



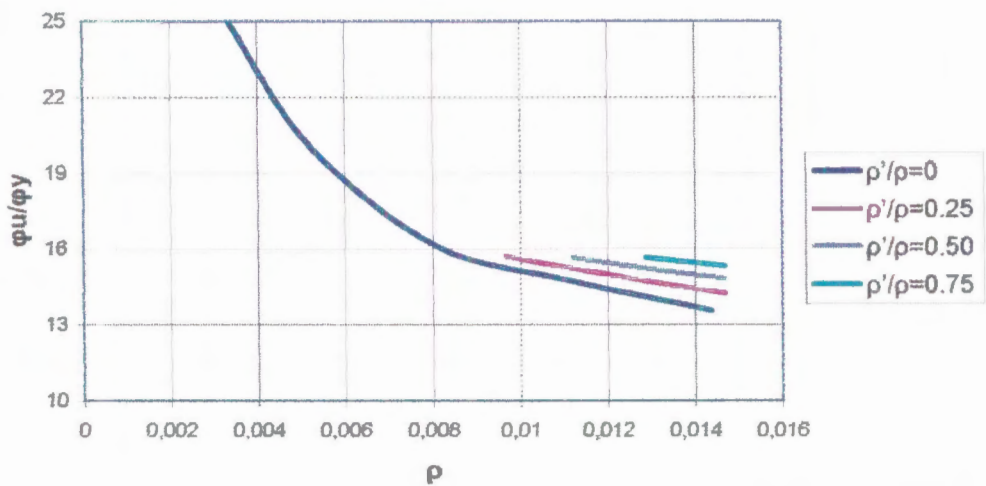
C 6.8

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ Mpa}$   $f'_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1300 \text{ mm}$



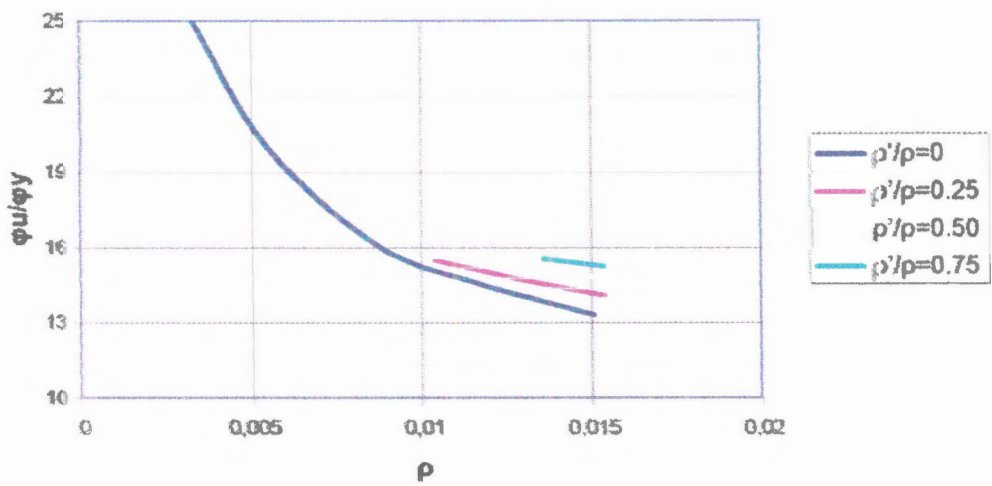
C 6.9

**Curvas de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f'_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1400 \text{ mm}$



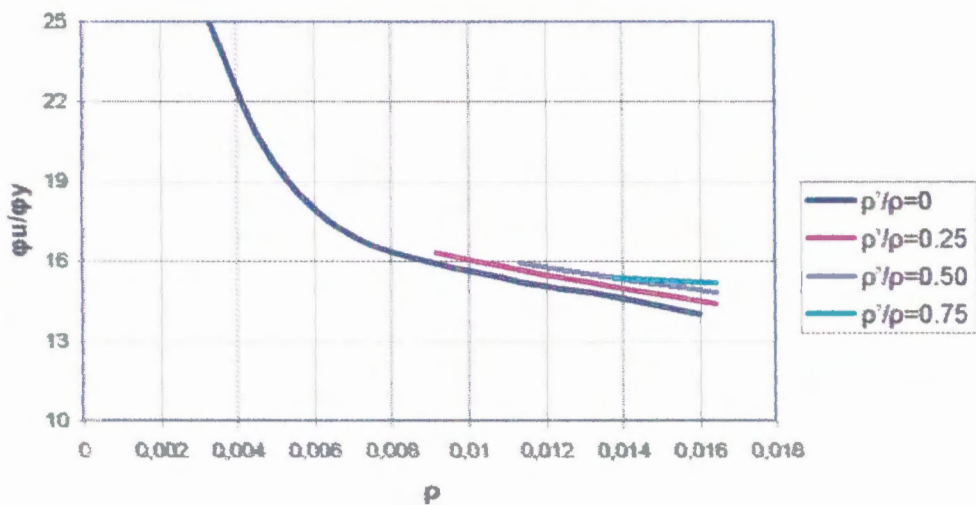
6.10

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=27,6 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100\text{mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1500 \text{ mm}$



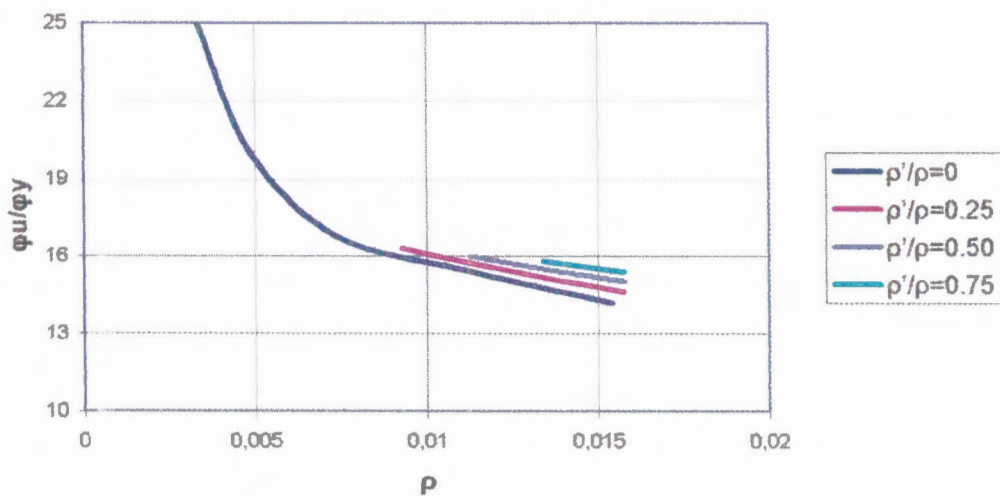
C 6.11

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=35$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=500$  mm



C 7.1

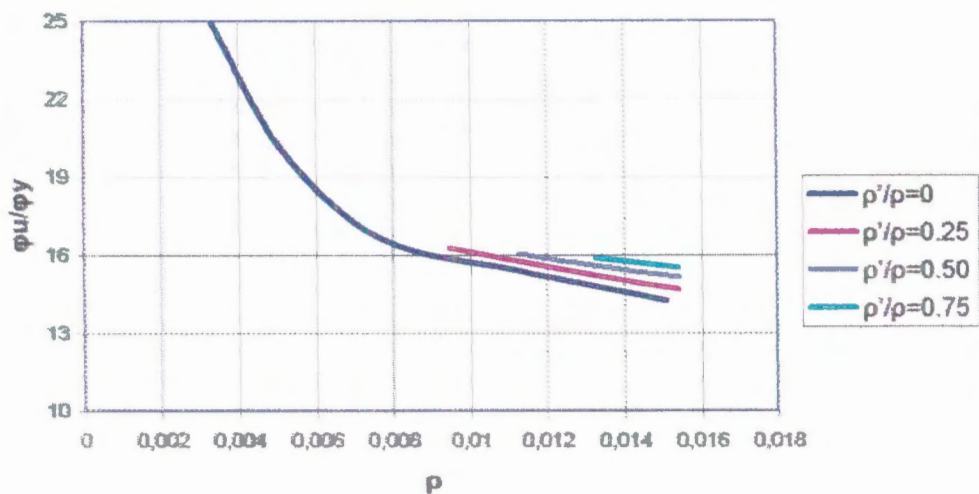
**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=35$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=600$  mm



C 7.2

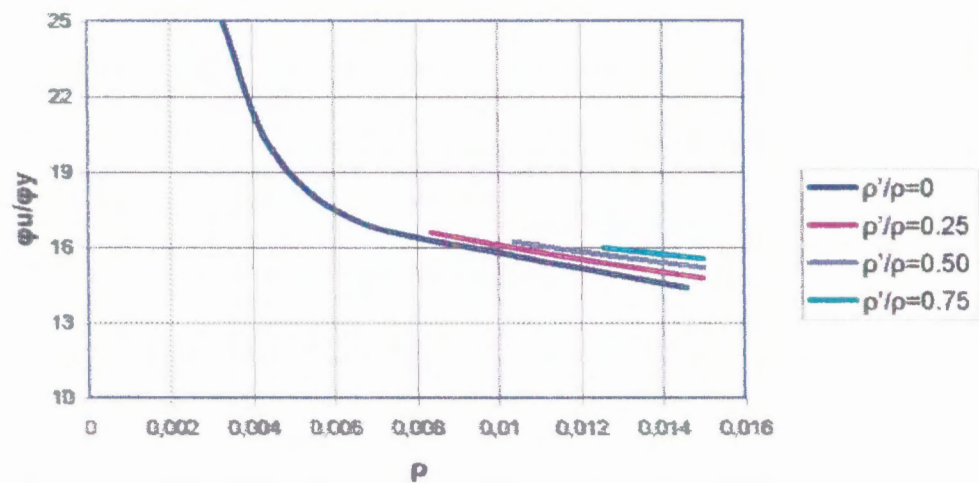


**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=35$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=700$  mm



C 7.3

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=35$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=800$  mm

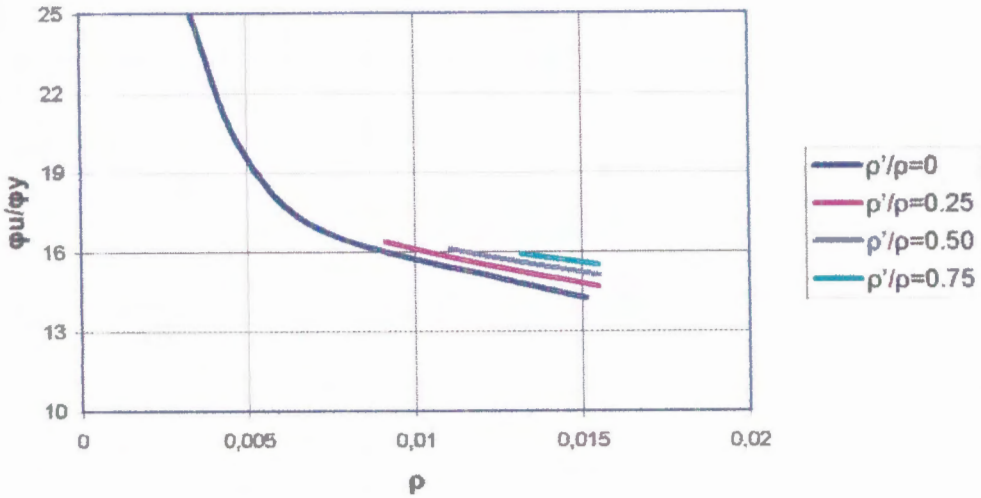


C 7.4



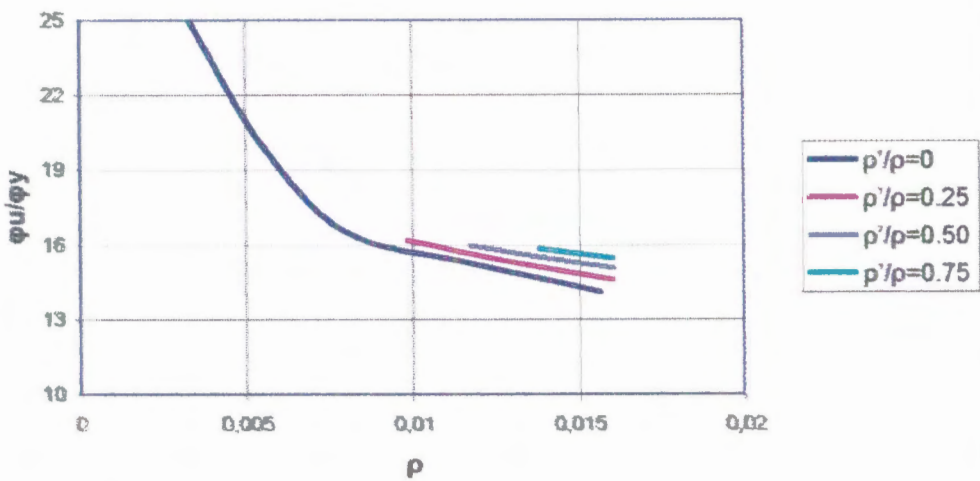
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=35$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=900$  mm



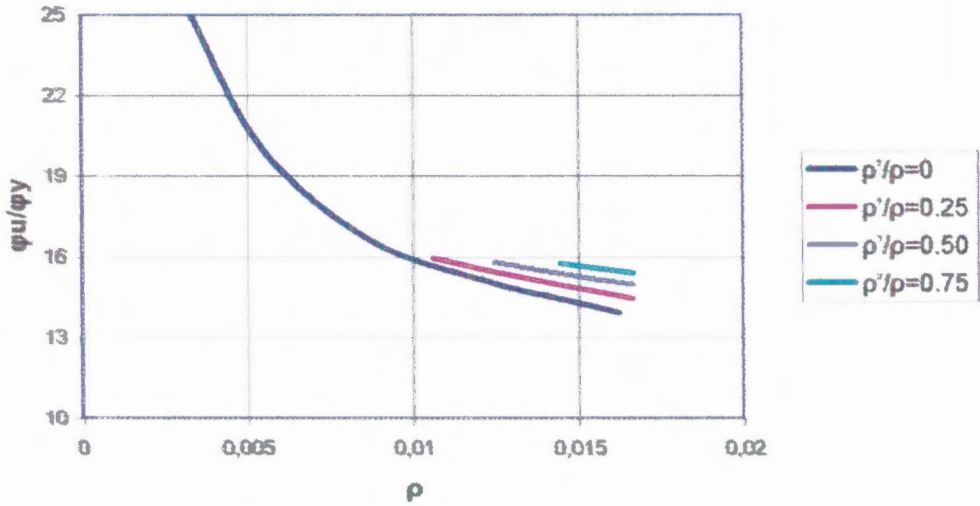
C 7.5

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=35$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=1000$  mm



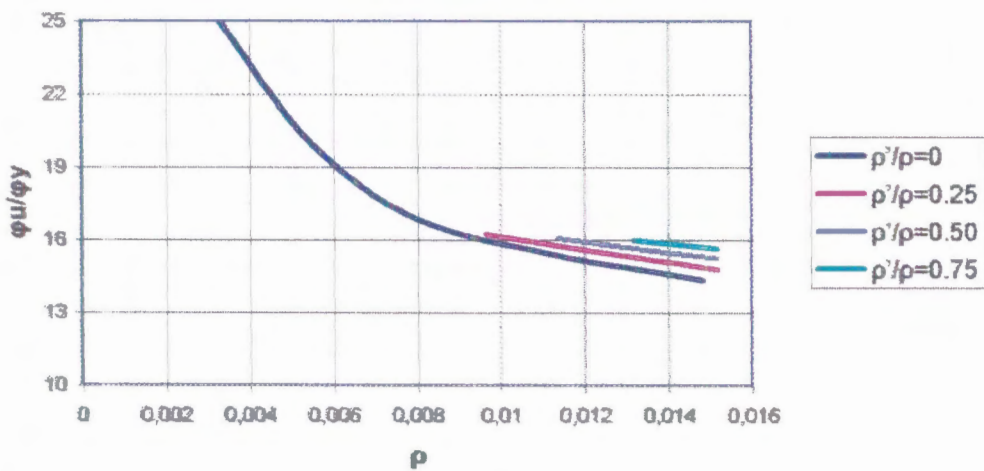
C 7.6

Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1100 \text{ mm}$



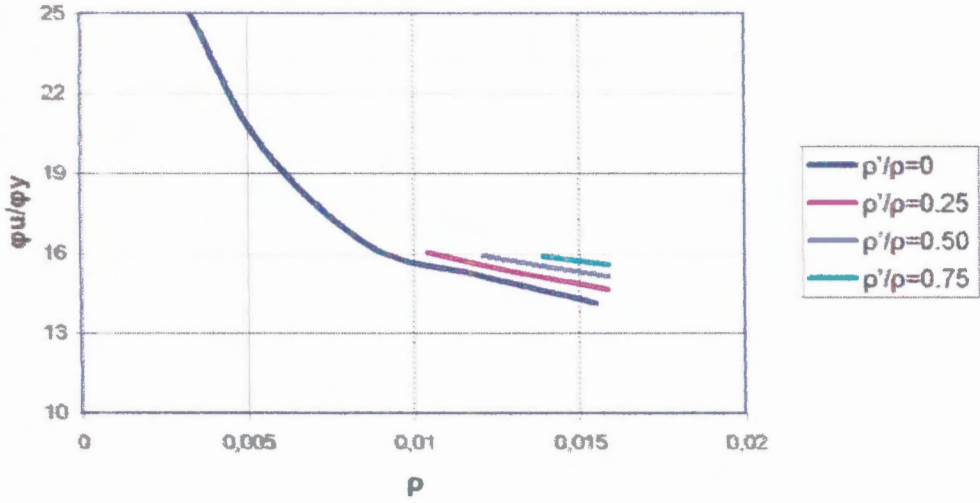
C 7.7

Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
 $f_y=414 \text{ Mpa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1200 \text{ mm}$



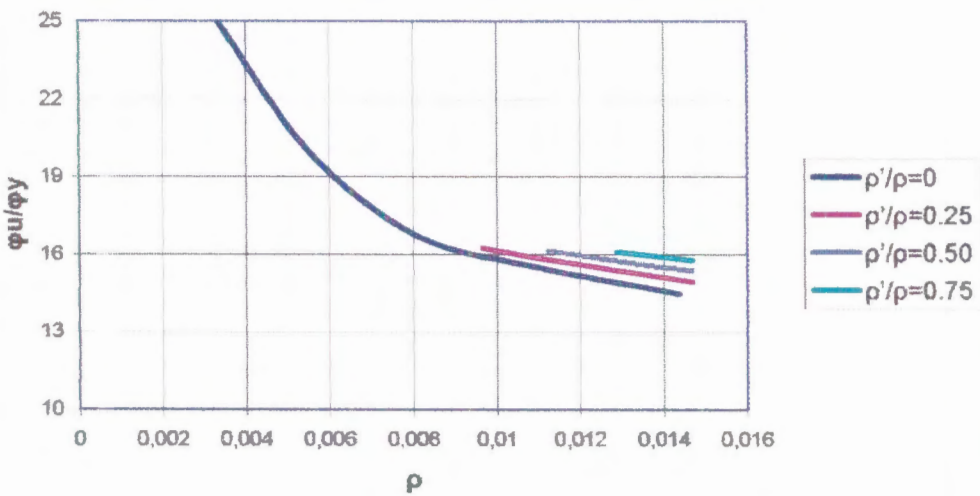
C 7.8

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1300 \text{ mm}$



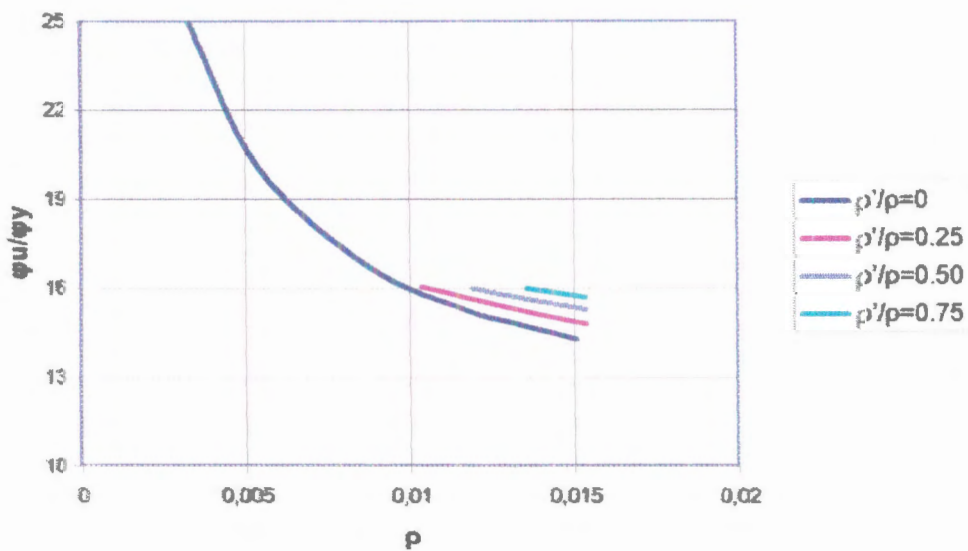
C 7.9

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1400 \text{ mm}$



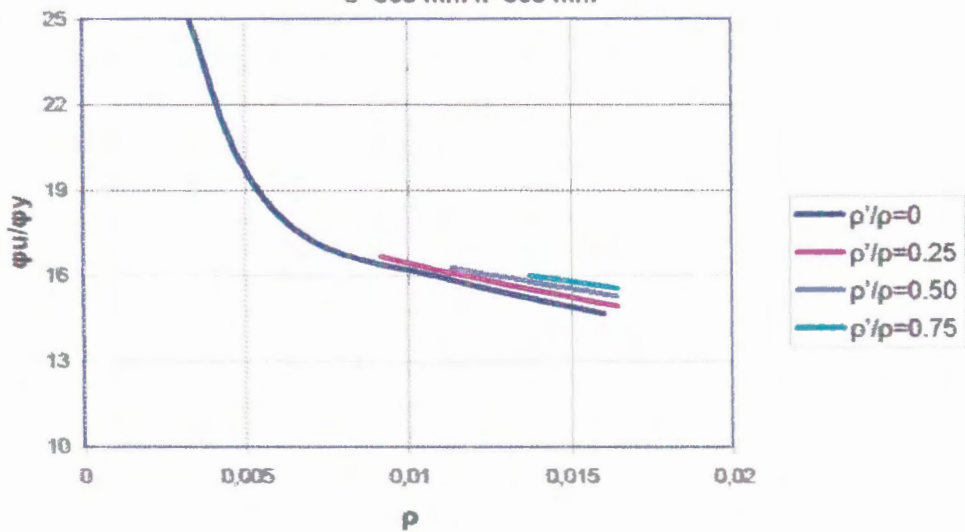
C 7.10

Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=35 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1500 \text{ mm}$



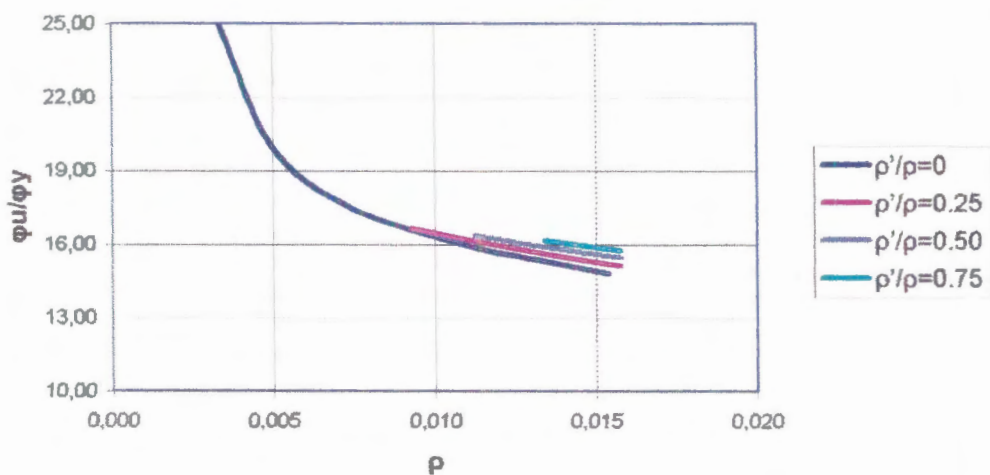
C 7.11

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=500 \text{ mm}$



C 8.1

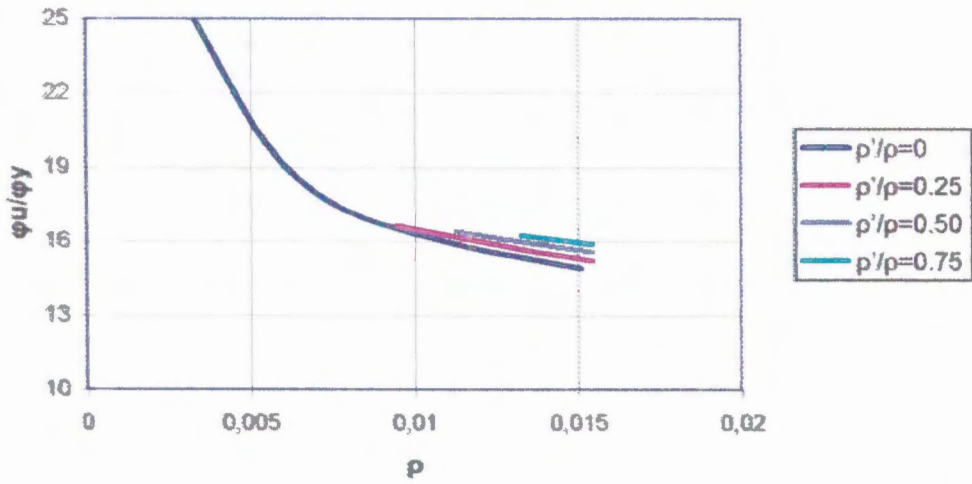
**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8 \text{ mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=600 \text{ mm}$



C 8.2

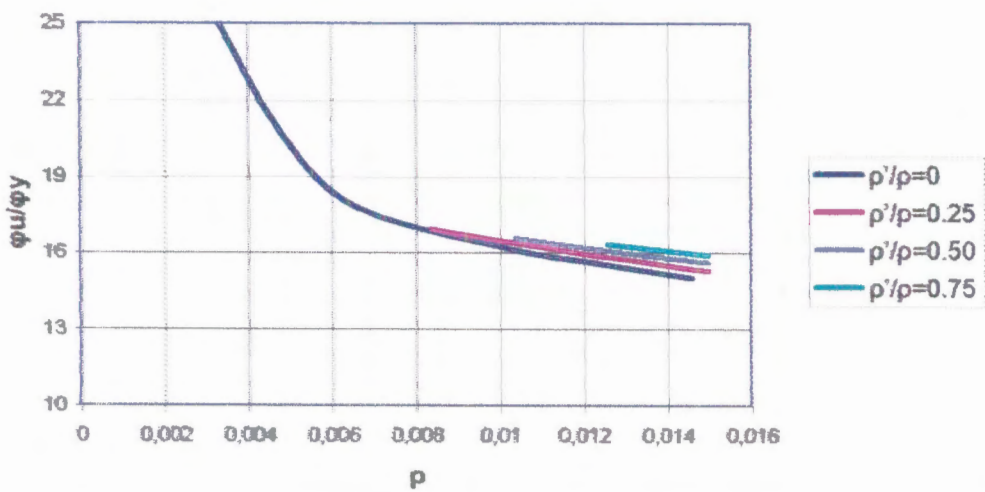


**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=700 \text{ mm}$



C 8.3

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=800 \text{ mm}$

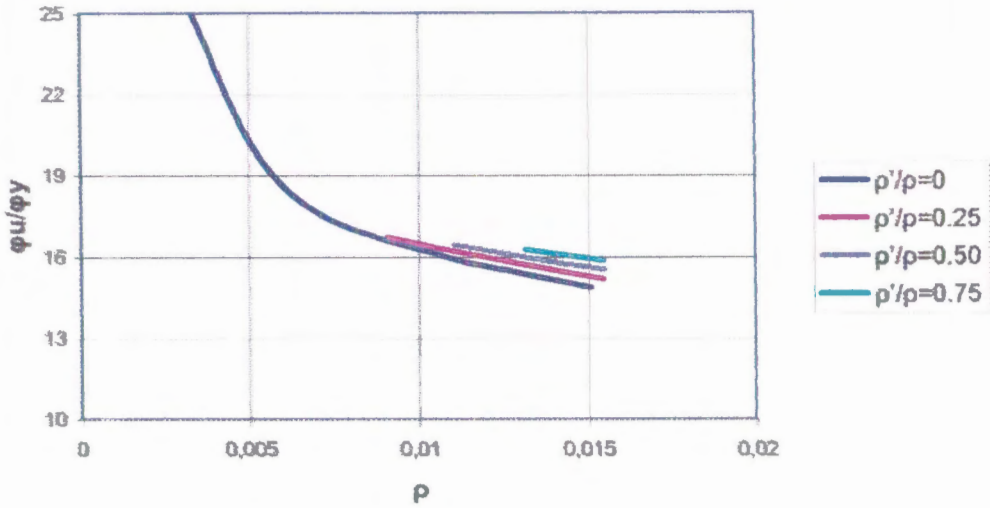


C 8.4



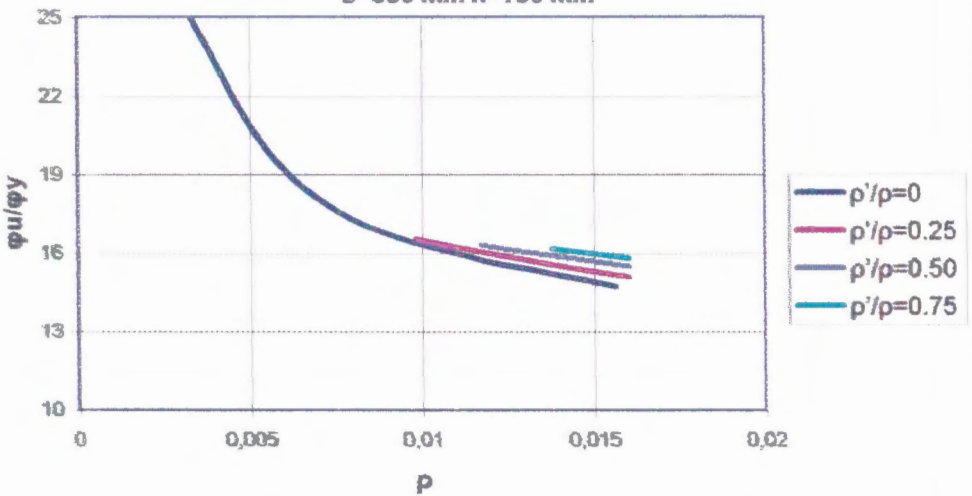
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=41,4$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=900$  mm



C 8.5

Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
 $f_y=414$  MPa  $f_c=41,4$  MPa Est.  $\Phi=8$ mm  $c/100$  mm  
 $b=500$  mm  $h=100$  mm

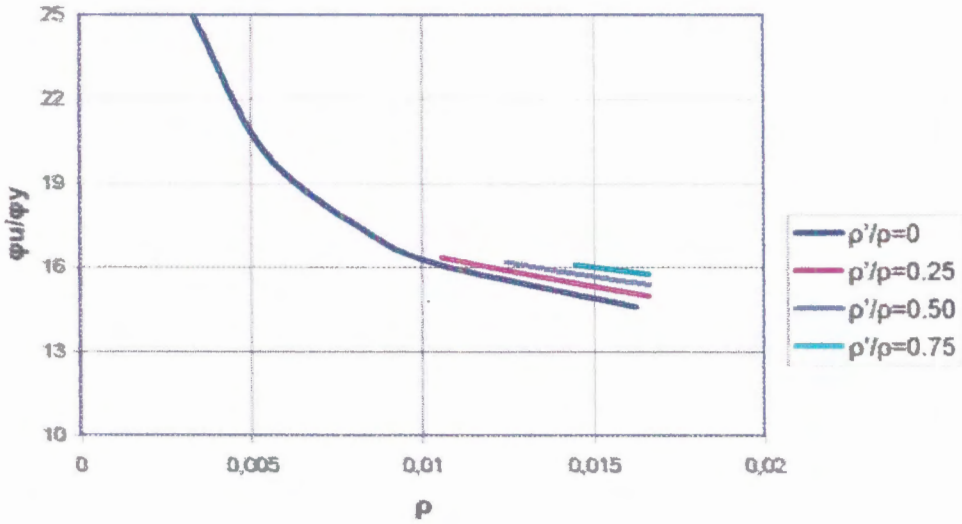


C 8.6



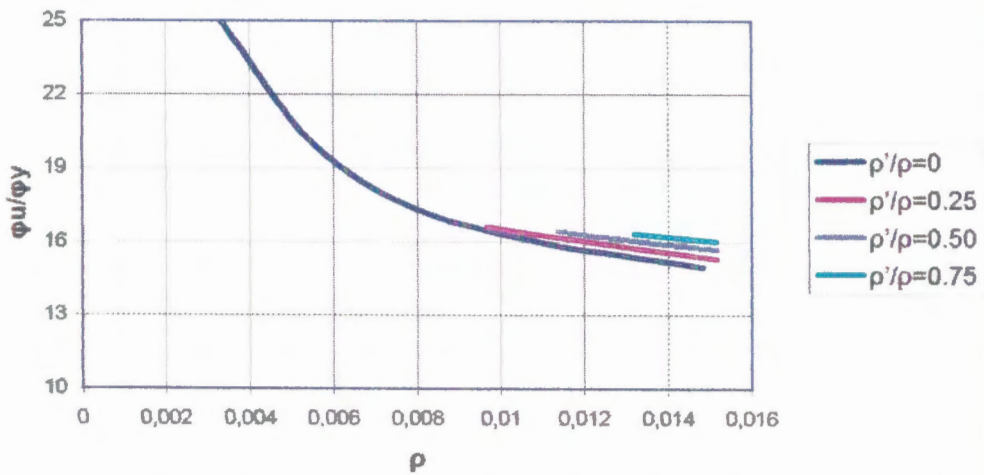
BIBLIOTECA FICT  
ESPOL

Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1100 \text{ mm}$



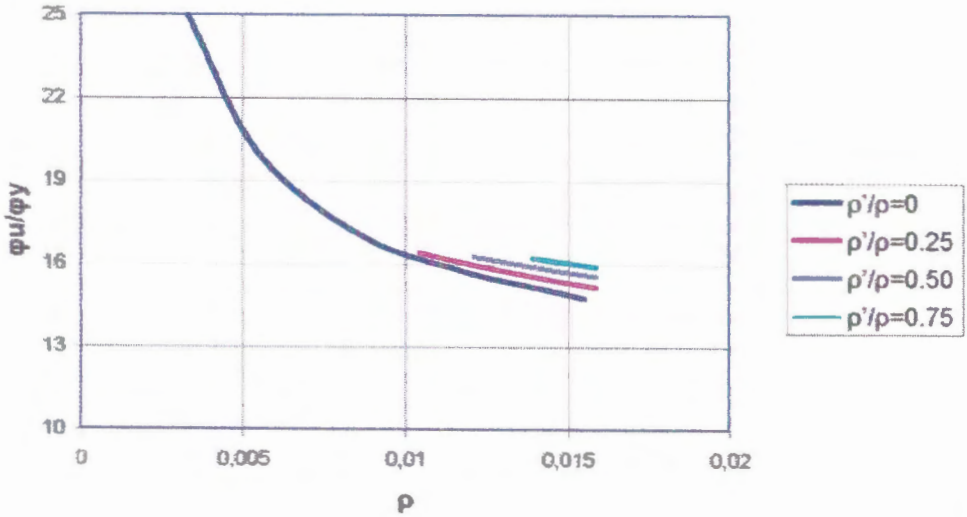
C 8.7

Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1200 \text{ mm}$



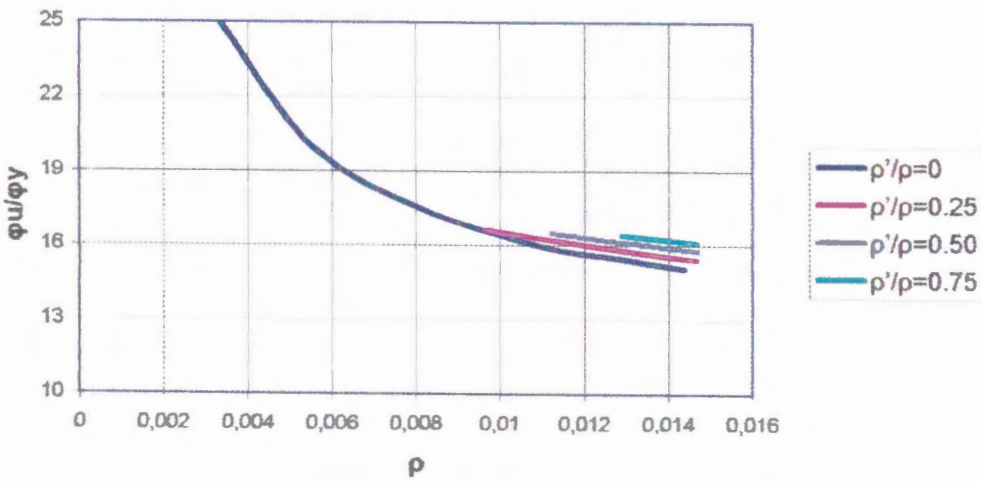
C 8.8

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1300 \text{ mm}$



C 8.9

**Curvas Razón de Ductilidad de Curvatura**  
 $f_y=414 \text{ MPa}$   $f_c=41,4 \text{ MPa}$  Est.  $\Phi=8\text{mm}$   $c/100 \text{ mm}$   
 $b=500 \text{ mm}$   $h=1400 \text{ mm}$



C 8.10