

“DISEÑO ESTRUCTURAL”

ESFUERZOS COMBINADOS

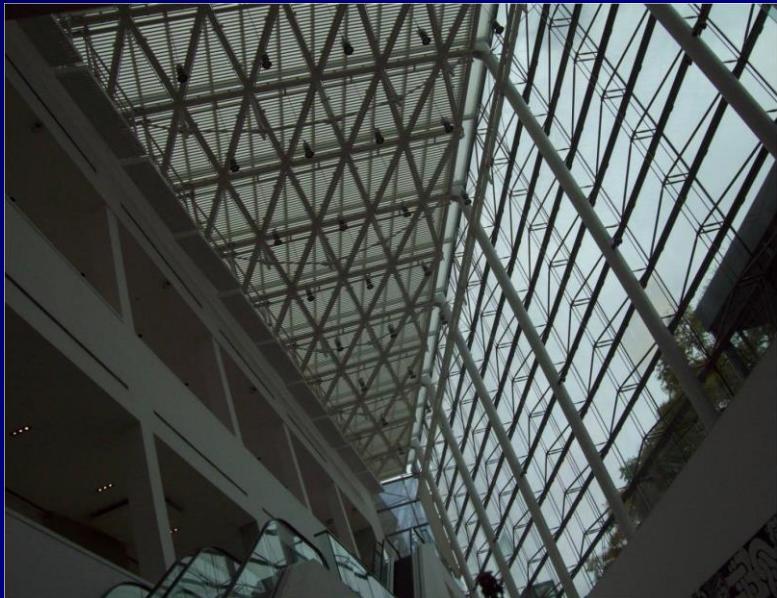
HORMIGÓN ARMADO



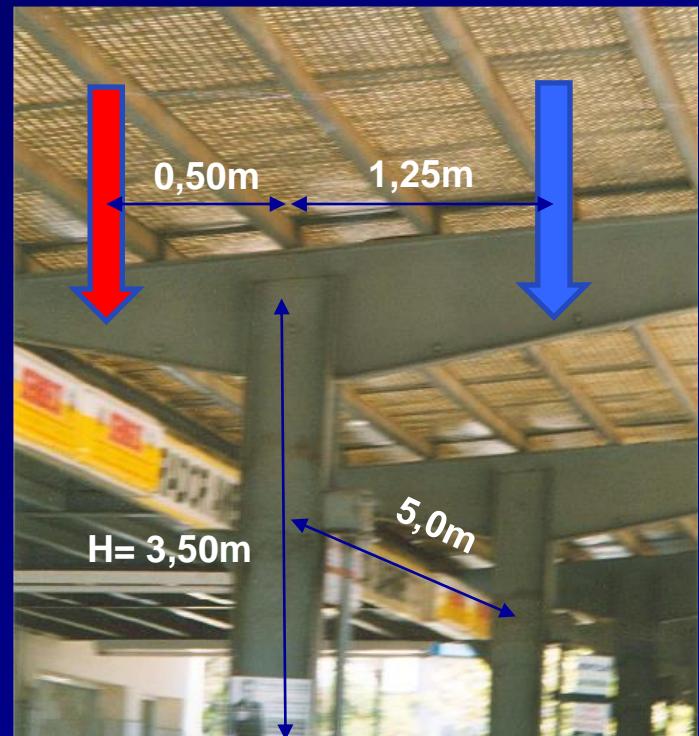
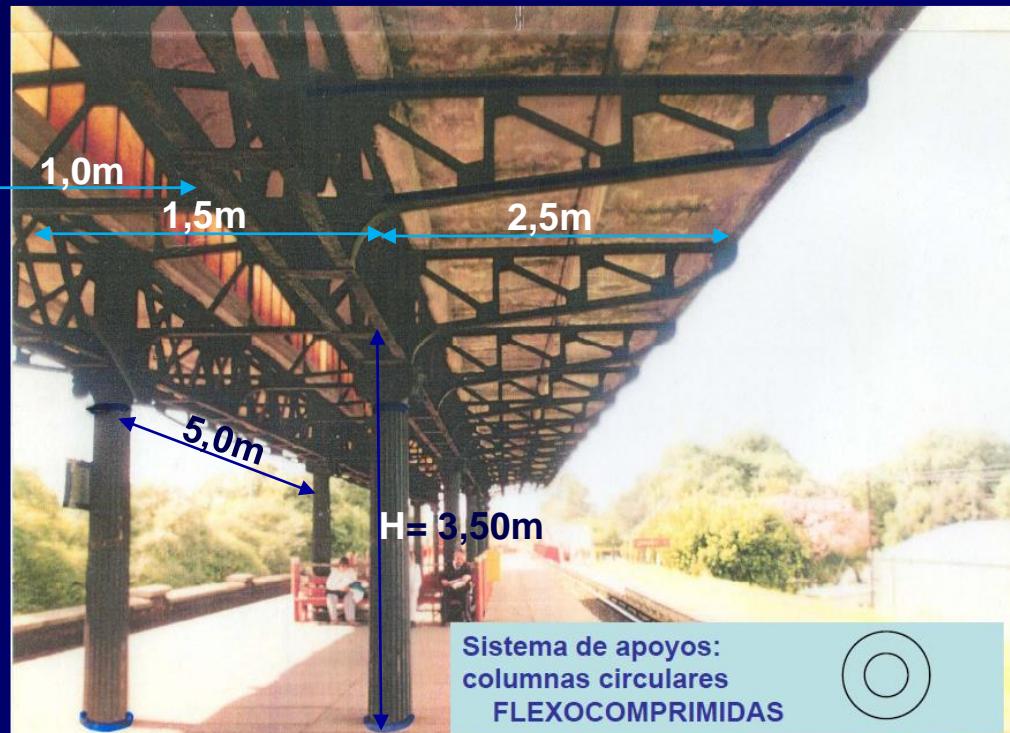
MADERA



ACERO



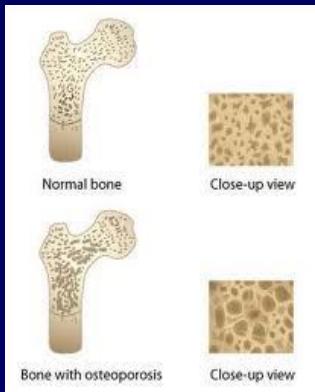
EJEMPLOS PARA RESOLVER



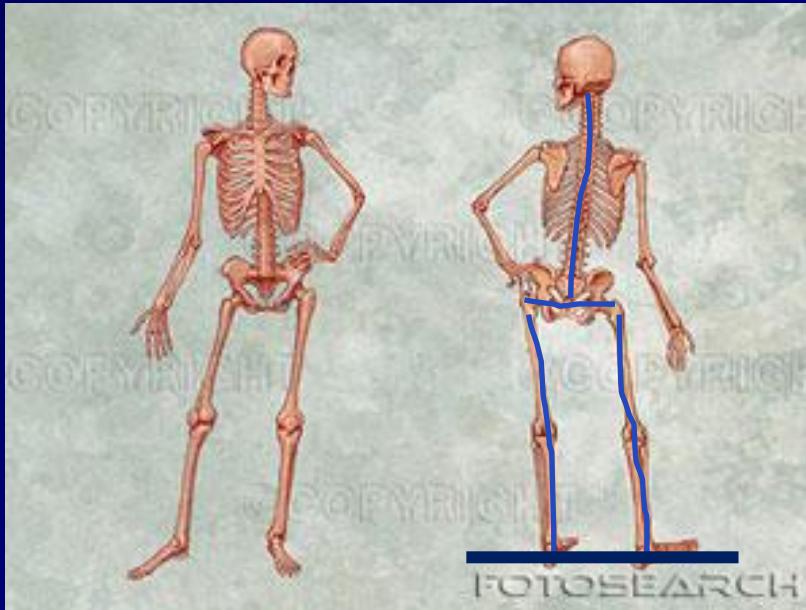
Datos: Carga cubierta → $D = 50 \text{ kg/m}^2$; $S = 30 \text{ kg/m}^2$.

- Determinar esfuerzo axial y momento flector en la base de las columnas en cada caso

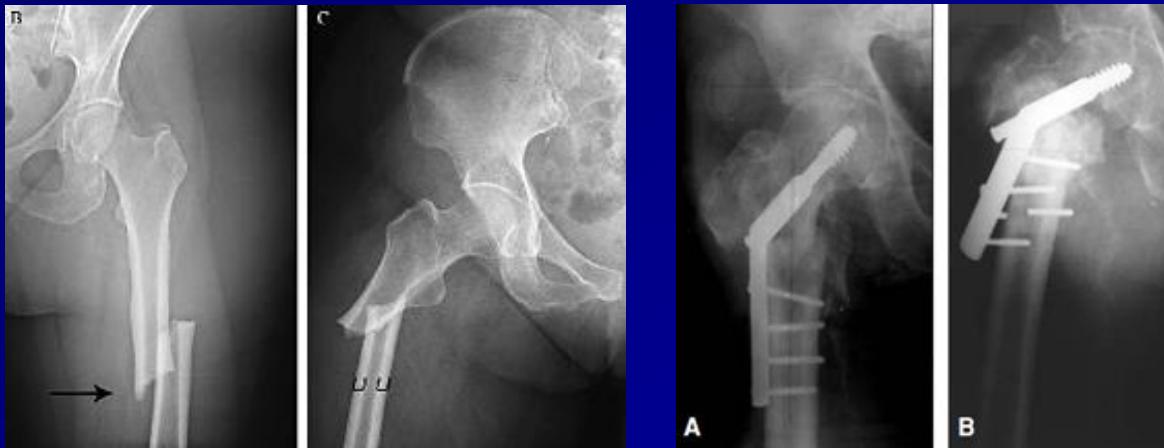
CAMINO DE CARGAS



Compacidad

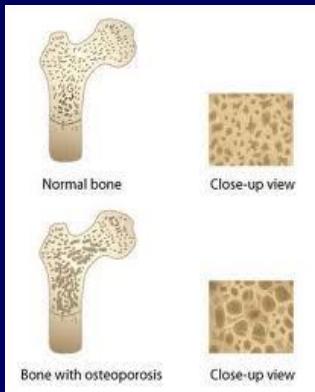


Linealidad



Interrupción camino

CAMINO DE CARGAS



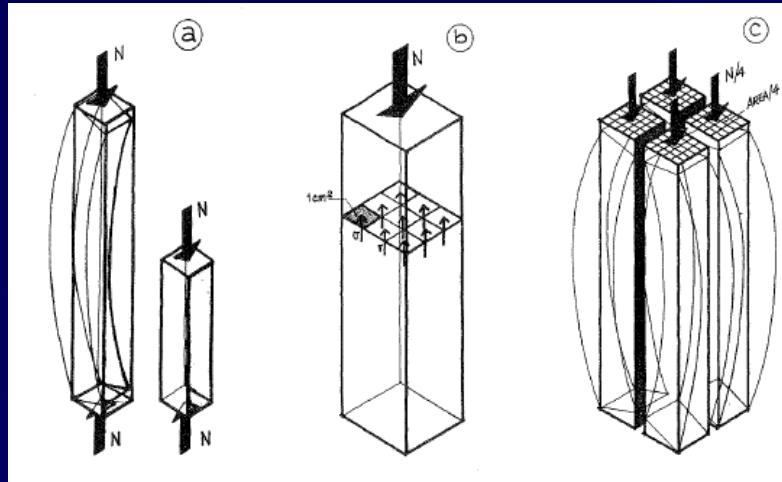
Compacidad



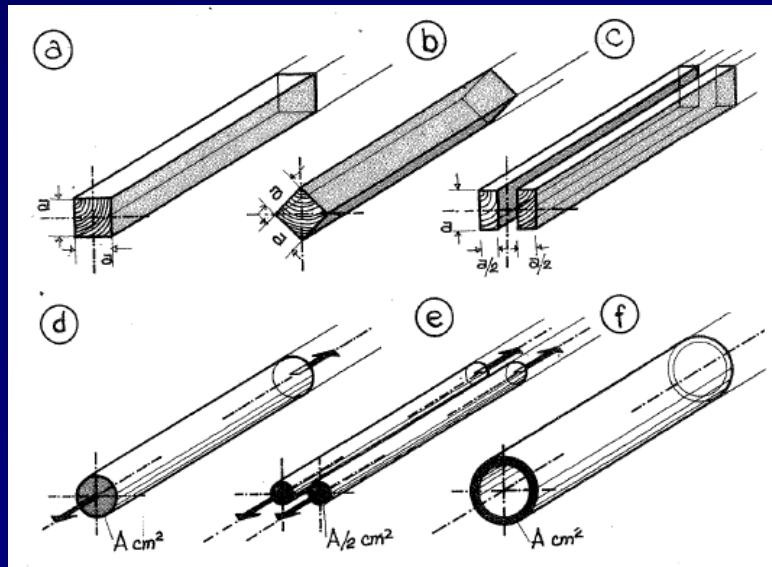
fotoshumor.com

Interrupción camino

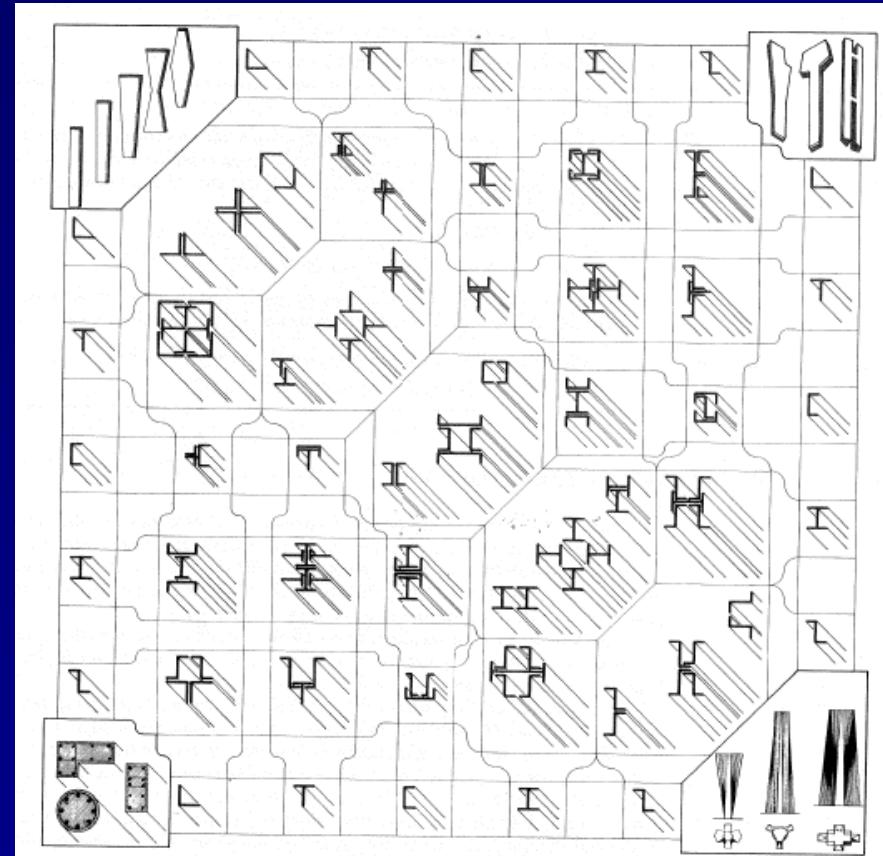
ESFUERZOS SIMPLES: Compresión



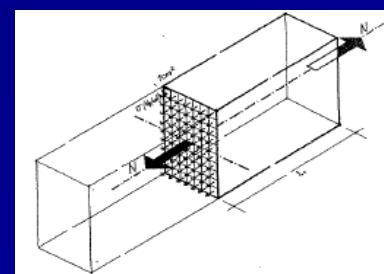
Variables



Secciones Simples



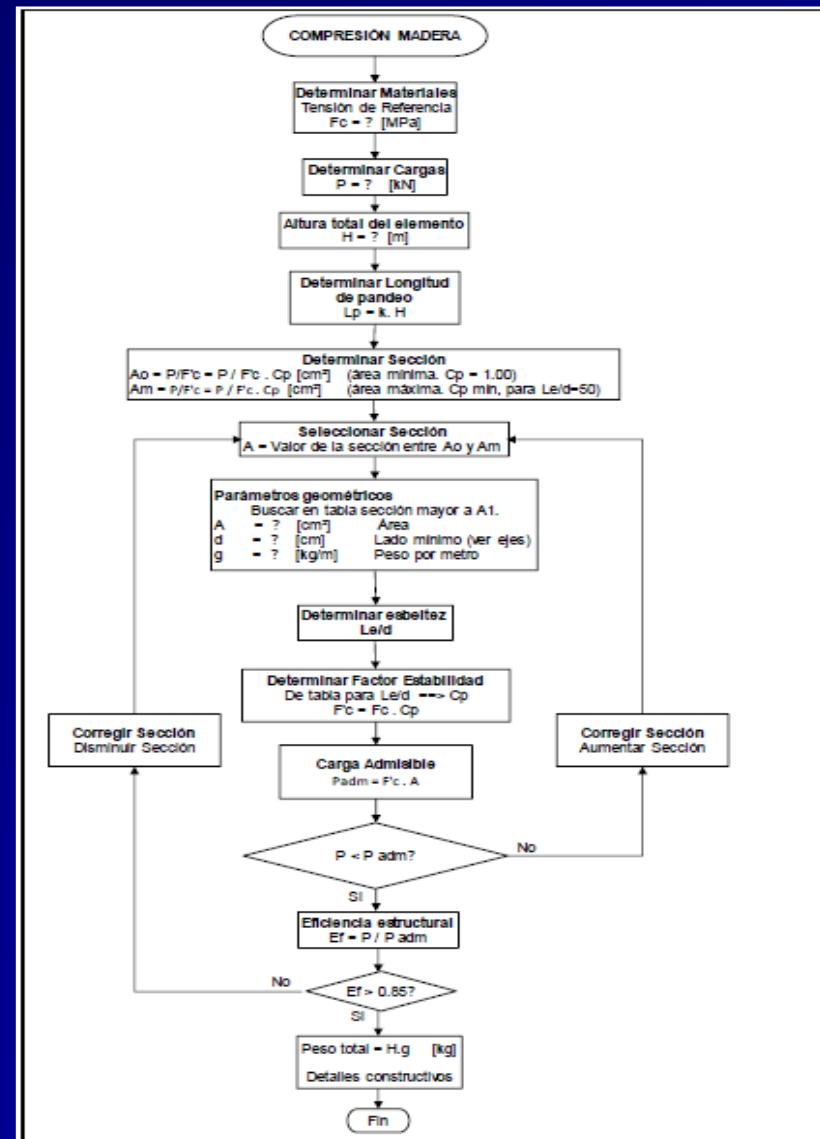
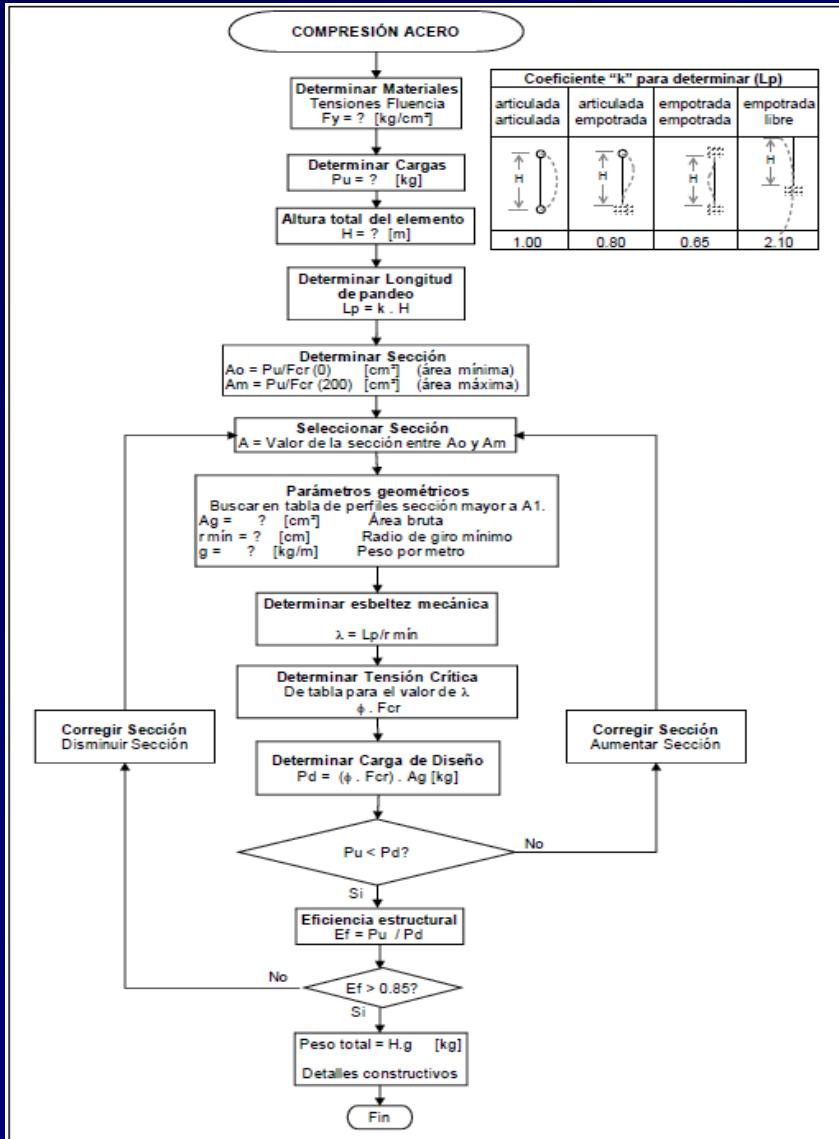
Secciones Compuestas



Esfuerzos axiales

ESFUERZOS SIMPLES: Compresión

HOMOGÉNEO: ACERO Y MADERA



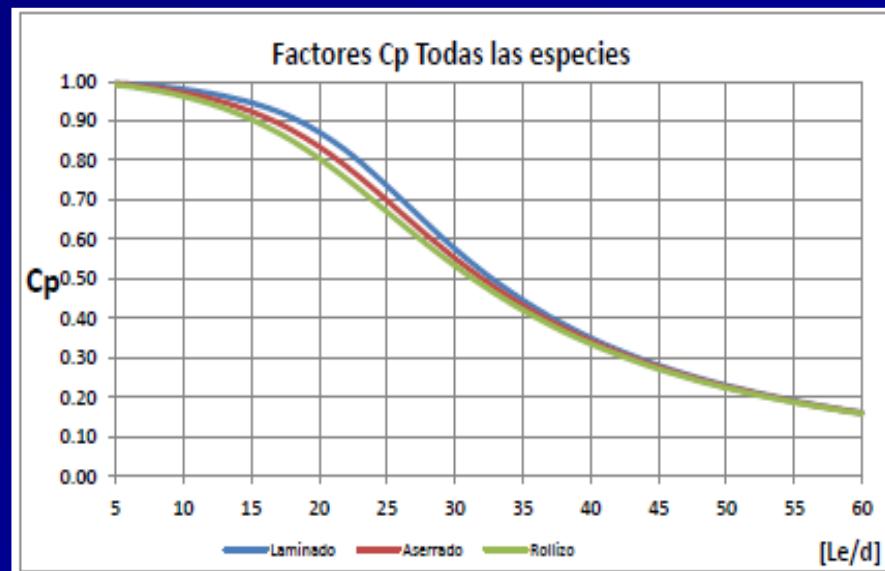
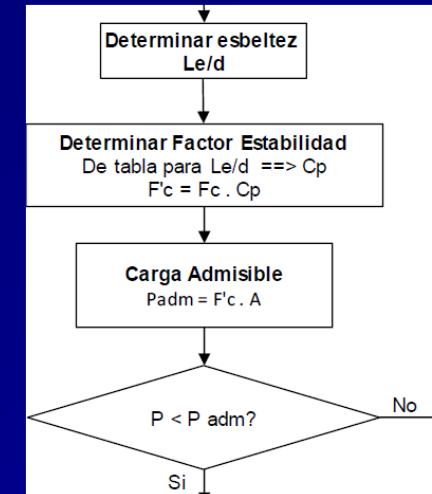
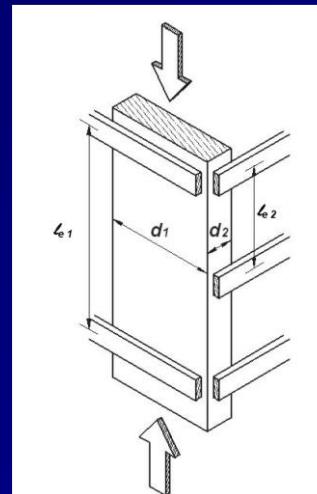
ESFUERZOS SIMPLES: Compresión

HOMOGENEO: MADERA

9.4. ANEXO 4 : Coeficientes de Estabilidad Cp para Maderas

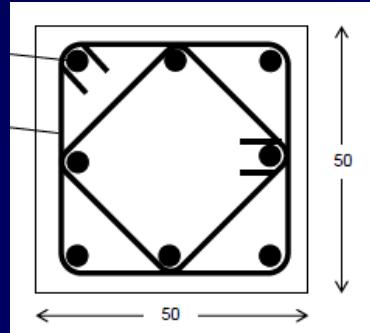
Tabla de valores Cp			
Le/d	Laminado	Aserrado	Rollizo
5	1.00	0.99	0.99
6	0.99	0.99	0.99
7	0.99	0.99	0.98
8	0.99	0.98	0.98
9	0.98	0.98	0.97
10	0.98	0.97	0.96
11	0.98	0.96	0.95
12	0.97	0.96	0.94
13	0.96	0.95	0.93
14	0.96	0.94	0.92
15	0.95	0.92	0.90
16	0.94	0.91	0.89
17	0.92	0.89	0.87
18	0.91	0.88	0.85
19	0.89	0.86	0.83
20	0.87	0.83	0.80
21	0.85	0.81	0.78
22	0.82	0.78	0.75
23	0.80	0.76	0.73
24	0.77	0.73	0.70
25	0.74	0.70	0.67
26	0.70	0.67	0.64
27	0.67	0.64	0.61
28	0.64	0.61	0.59
29	0.61	0.58	0.56
30	0.58	0.55	0.53
31	0.55	0.53	0.51
32	0.52	0.50	0.48

Tabla de valores Cp			
Le/d	Laminado	Aserrado	Rollizo
33	0.49	0.48	0.46
34	0.47	0.45	0.44
35	0.45	0.43	0.42
36	0.42	0.41	0.40
37	0.40	0.39	0.38
38	0.38	0.37	0.37
39	0.37	0.36	0.35
40	0.35	0.34	0.33
41	0.33	0.33	0.32
42	0.32	0.31	0.31
43	0.31	0.30	0.29
44	0.29	0.29	0.28
45	0.28	0.28	0.27
46	0.27	0.26	0.26
47	0.26	0.25	0.25
48	0.25	0.24	0.24
49	0.24	0.24	0.23
50	0.23	0.23	0.22
51	0.22	0.22	0.22
52	0.21	0.21	0.21
53	0.20	0.20	0.20
54	0.20	0.20	0.19
55	0.19	0.19	0.19
56	0.18	0.18	0.18
57	0.18	0.18	0.17
58	0.17	0.17	0.17
59	0.17	0.16	0.16
60	0.16	0.16	0.16



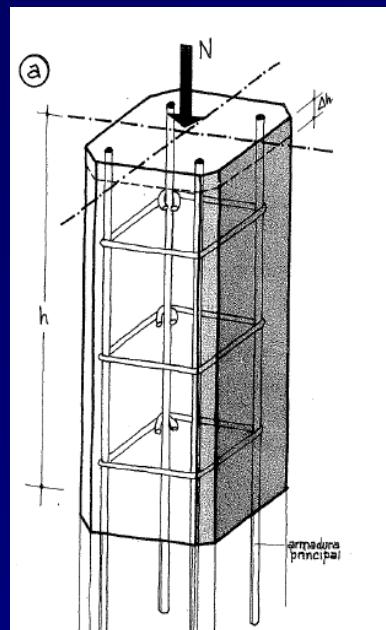
ESFUERZOS SIMPLES: Compresión

NO HOMOGÉNEO: HORMIGÓN ARMADO



$$P_D = \phi_c \quad P_n = \phi_c \cdot [0.80 \cdot A_H \cdot (0.85 \cdot f'_c + \rho \cdot f_y)]$$

Carga Nominal



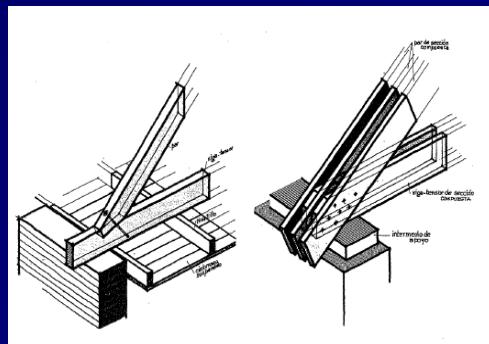
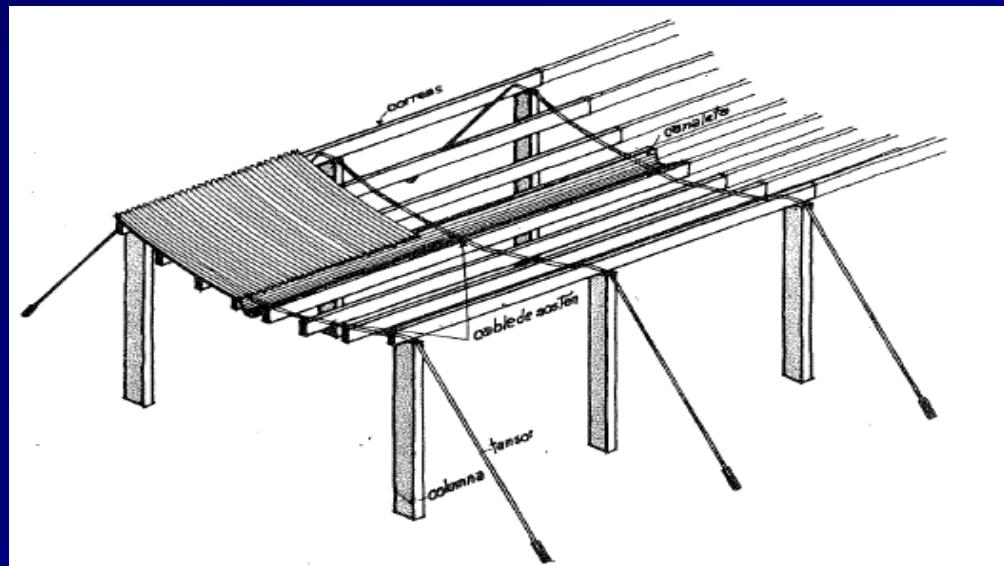
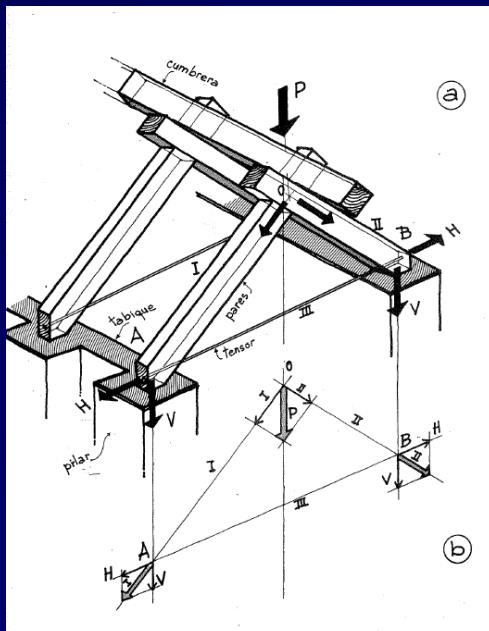
$$A_H = \frac{P_u}{\phi_c \cdot 0.80 \cdot [0.85 \cdot f'_c + \rho \cdot f_y]}$$

Sección de Hormigón

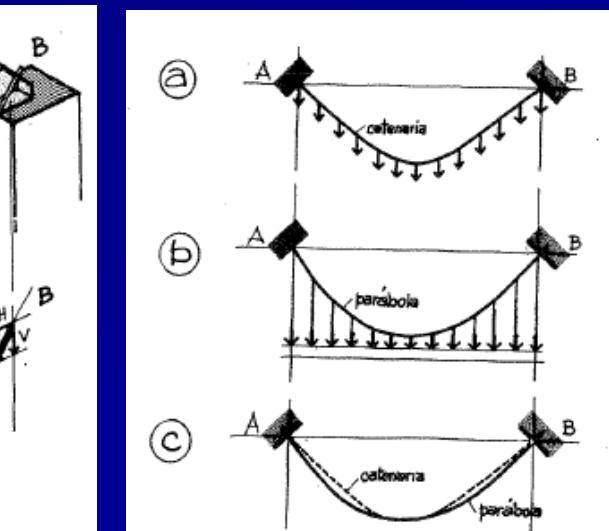
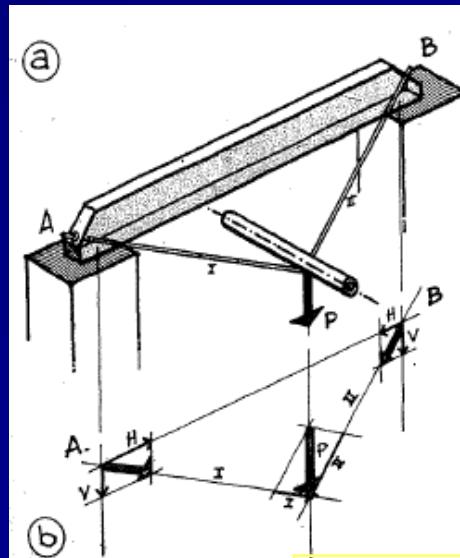
$$A_s = A_H \cdot \rho$$

Acero y cuantía

ESFUERZOS SIMPLES: Tracción

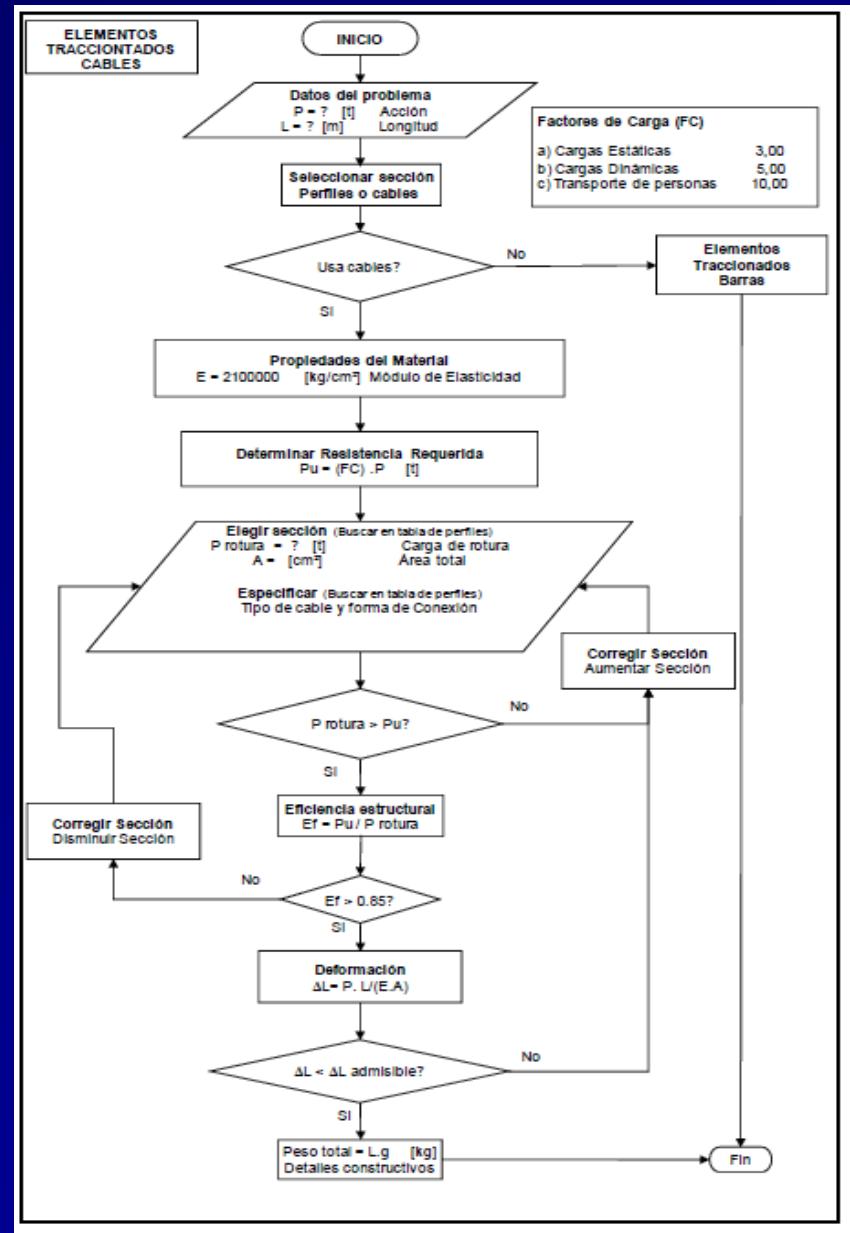
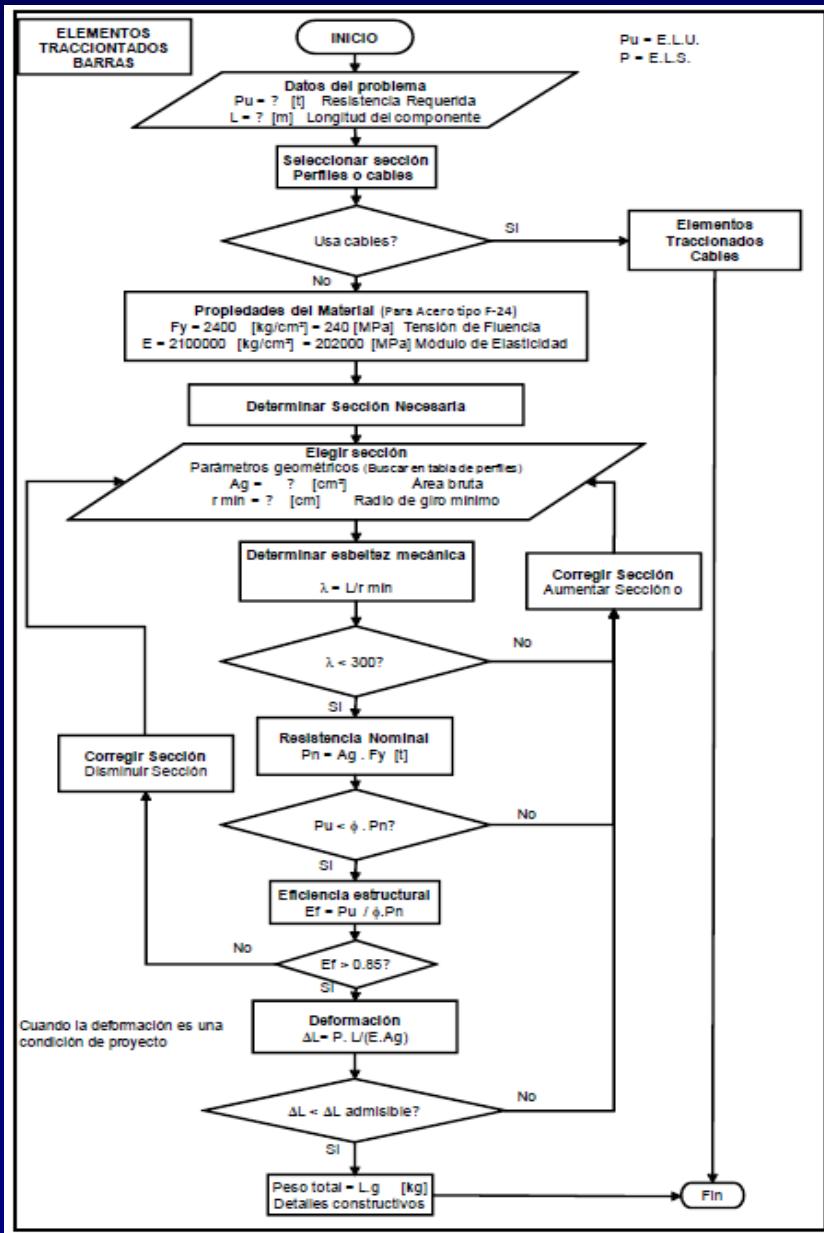


Barras

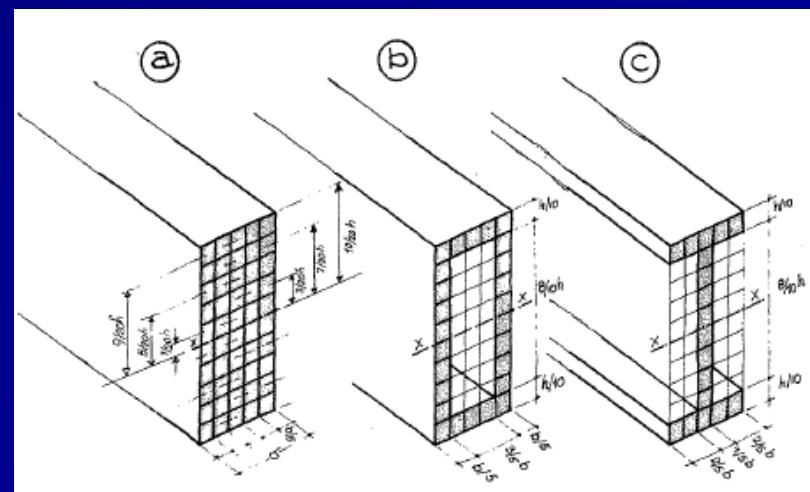
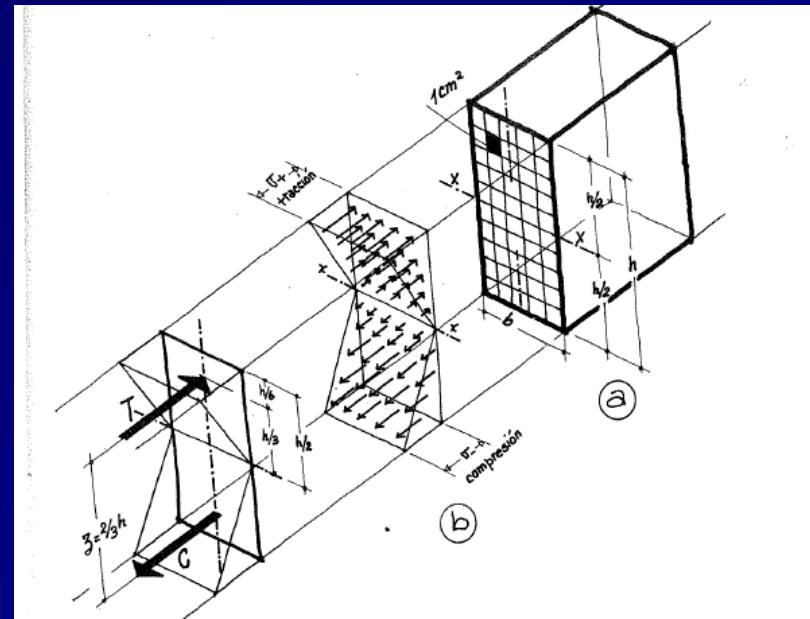
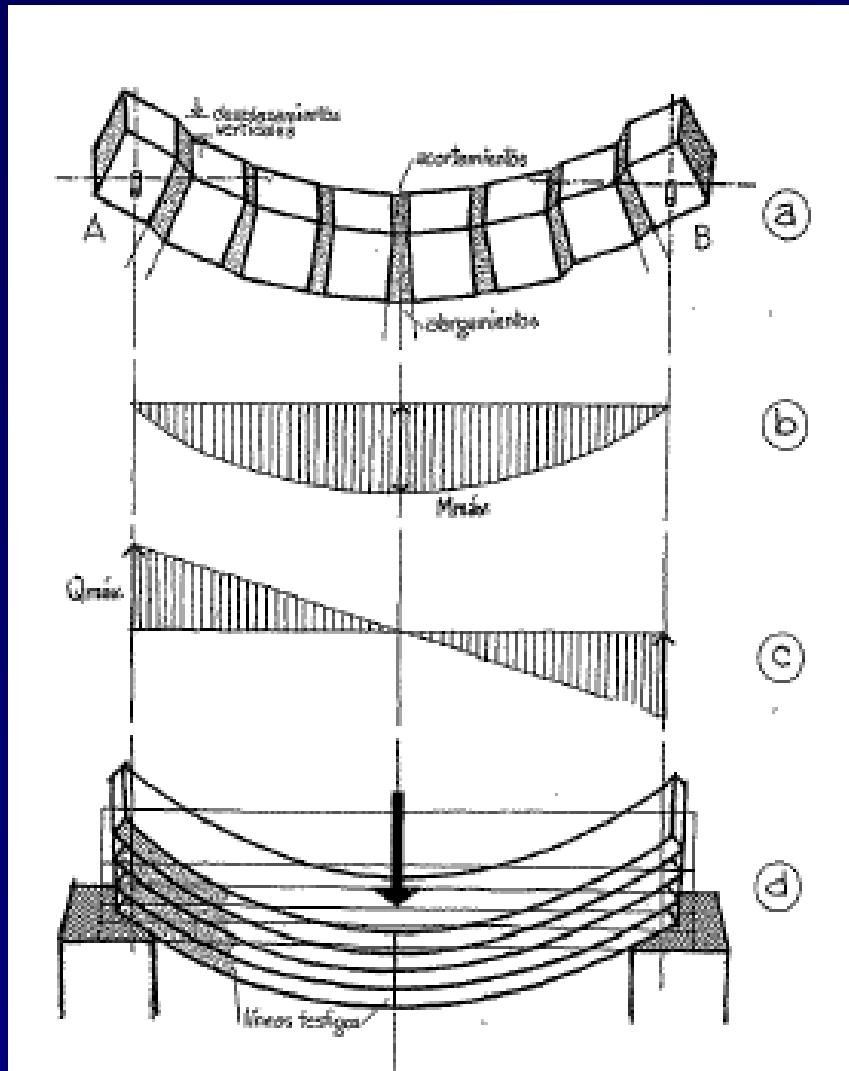


Cables

ESFUERZOS SIMPLES: Tracción

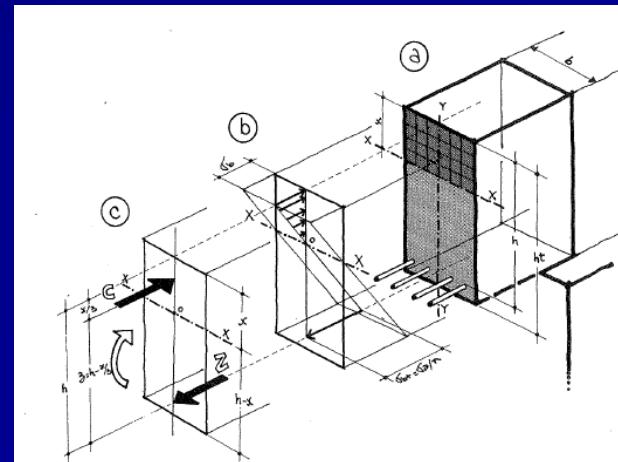
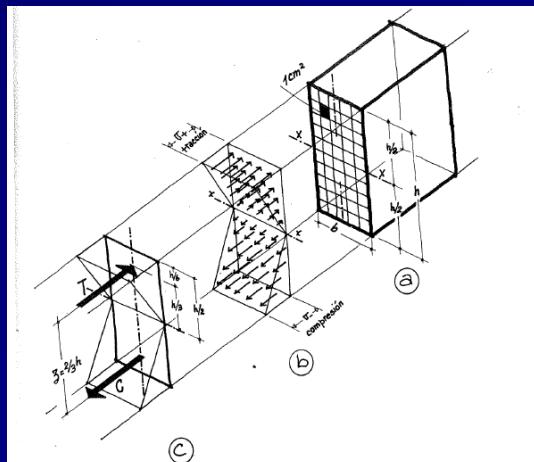


ESFUERZOS SIMPLES: Flexión



ESFUERZOS SIMPLES: Flexión

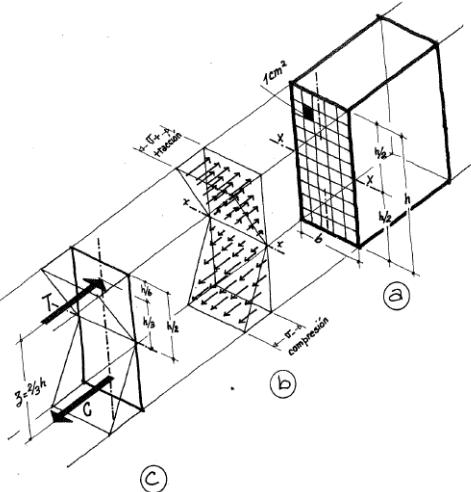
	ACERO	MADERA	HORMIGON ARMADO
ESTADO A UTILIZAR PARA RESISTENCIA	ULTIMO (1.2D+1.6L)	SERVICIO (D+L)	ULTIMO (1.2D+1.6L)
ESTADO A UTILIZAR PARA DEFORMACION	SERVICIO (D+L)	SERVICIO (D+L)	SERVICIO (D+L)
TIPO DE MATERIAL	ACERO F-24 Tensión de fluencia $F_y=2400 \text{ kg/cm}^2$	Madera. Especie. Fb $F'b=Fb \times \text{factores de ajuste [Mpa]}$	Acero ADN-420 Tensión de fluencia $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
CONDICION DE RESISTENCIA	$S_{\text{nec}} = M_u / (0.9 \cdot F_y)$ $M_u \leq M_d = \phi \cdot M_n = \phi \cdot S_{x-x} \cdot F_y$	$F_{\text{trabajo}} = M/S \leq F'b$	$A_{s-\text{nec}} = M_u / (0.9 \cdot F_y)$ $Z \approx 0.75h$ $A_{s-\text{mín}} = b \cdot h / 300$
CONDICION DE DEFORMACION	$\delta < \delta_{\text{adm}}$ $\delta_{\text{adm}} = L/n^\circ$ nº varía entre 200 y 1000	$\delta < \delta_{\text{adm}}$ $\delta_{\text{adm}} = L/n^\circ$ nº varía entre 200 y 1000	$\delta < \delta_{\text{adm}}$ $\delta_{\text{adm}} = L/n^\circ$ Considerar $I_{\text{eff}} \approx I_{\text{bruto}} / 2$ nº varía entre 200 y 1000



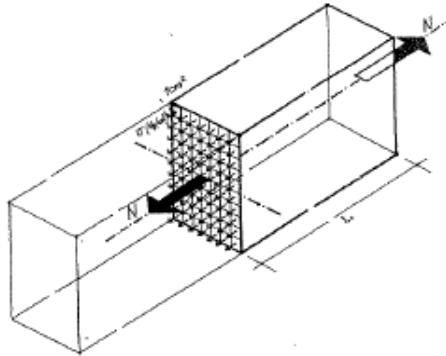
Esfuerzos internos combinados

18

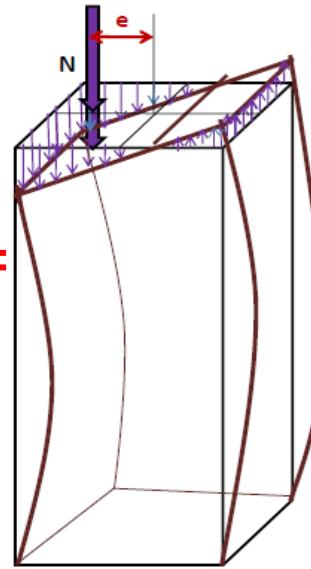
ESFUERZOS COMBINADOS



+



=



FLEXIÓN $M = N \cdot e$
COMPRESIÓN = N

FLEXO COMPRESIÓN
NORMAL

SE DENOMINA ASÍ PORQUE LA FLEXIÓN ES PROVOCADA POR LA EXCENTRICIDAD DEL ESFUERZO NORMAL

Flexión

+

Axial

=

Esfuerzos Combinados

ESFUERZOS COMBINADOS

Acero

Flexión

$$P_n = Ag \cdot F_{cr}$$

$$M_n = Sx \cdot F_y +$$

Compresión

$$P_n = Ag \cdot F_y$$

Tracción

$$\frac{M_u}{\phi \cdot M_n} + \frac{P_u}{\phi \cdot P_n} \leq 1,0$$

Combinado

Gráficos

Flexión

+

Axial

=

Esfuerzos Combinados

ESFUERZOS COMBINADOS

Madera

Flexión

$$P_{adm} = A \cdot F_c \cdot C_p$$

Compresión

$$M_{adm} = Sx \cdot f_{adm \text{ flexión}} +$$

$$P_{adm} = Ag \cdot f_{adm \text{ trac}}$$

Tracción

$$\frac{M}{M_{adm}} + \frac{P}{P_{adm}} \leq 1,0$$

Combinado

Gráficos

Flexión

+

Axial

=

Esfuerzos Combinados

ESFUERZOS COMBINADOS

Hormigón Armado

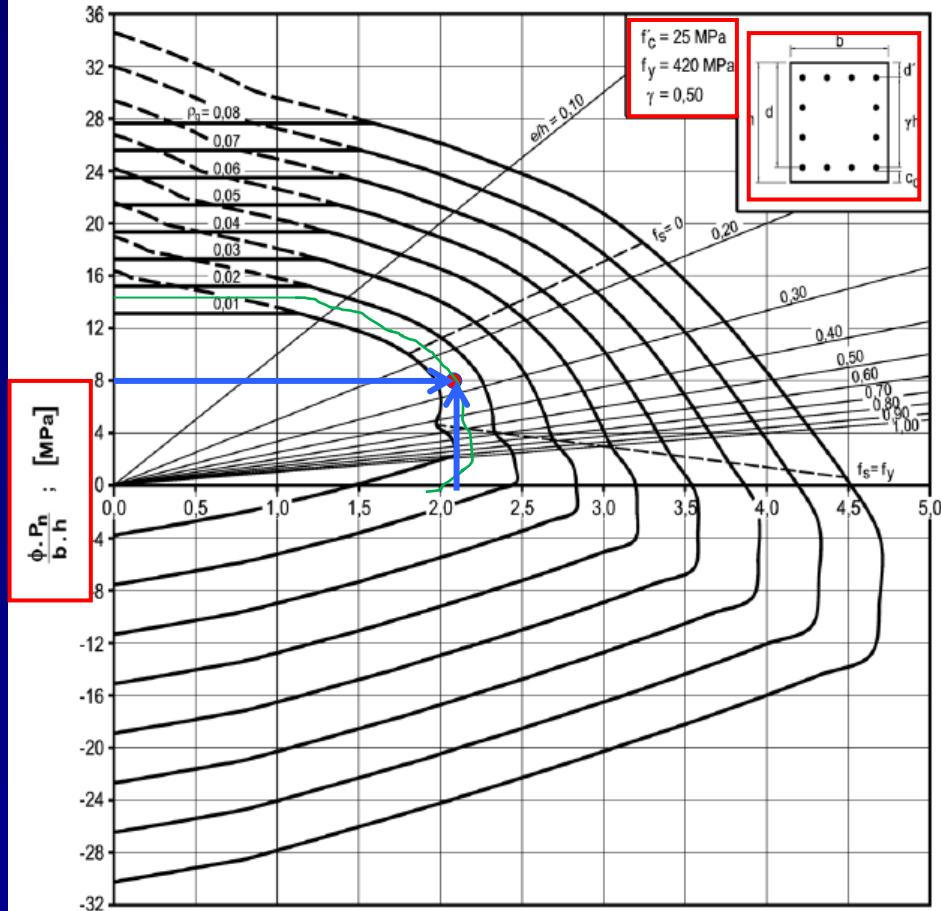
Procedimiento

1. M_u , P_u
2. Solic. Normalizadas
3. Arreglo de armaduras
4. Calidad de hormigón
5. Recubrimiento
6. Cuantía

Ejemplo

1. Normal = 8 MPa
2. Flexión = 2,1 MPa
3. Cuantía = 0,015

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN



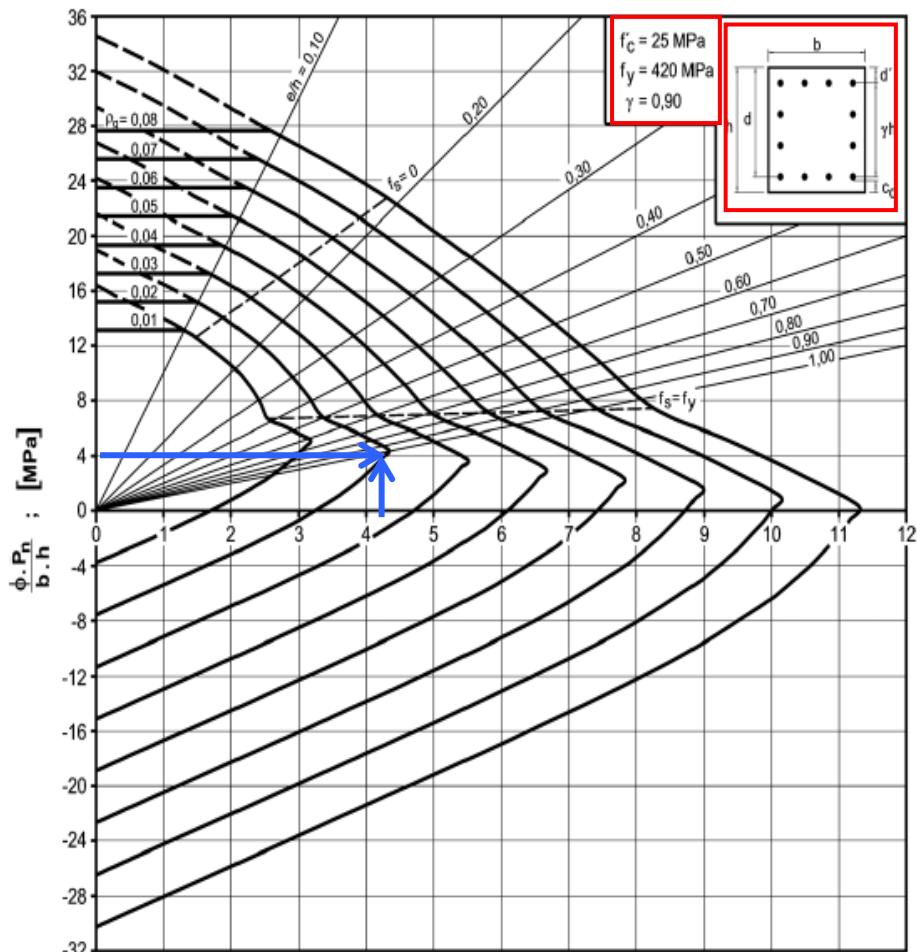
$$\frac{\phi \cdot P_n \cdot e}{A_g \cdot h} = \frac{\phi \cdot M_n}{b \cdot h^2} ; [\text{MPa}]$$

Ejemplo 1

1. Normal = 4 MPa
2. Flexión = 4,1 MPa
3. Cuantía = 0,020

ESFUERZOS COMBINADOS

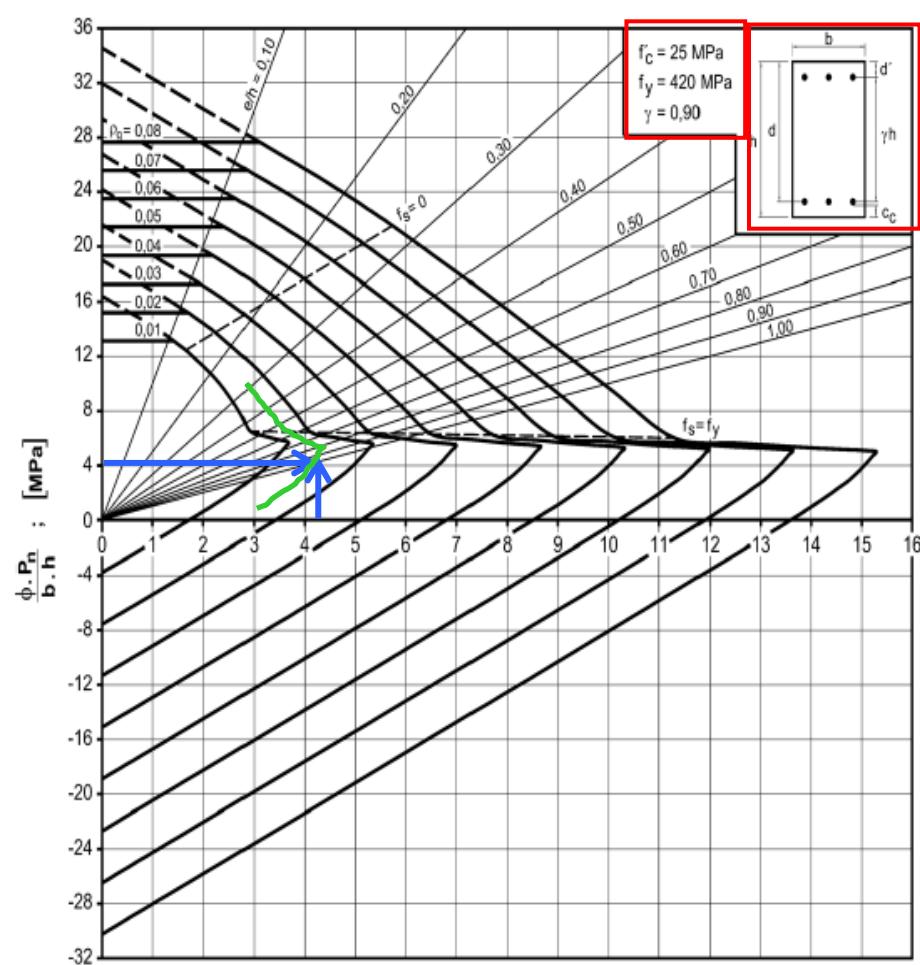
Hormigón Armado



$$\frac{\phi \cdot P_n \cdot e}{A_g \cdot h} = \frac{\phi \cdot M_n}{b \cdot h^2} ; [\text{MPa}]$$

Ejemplo 2

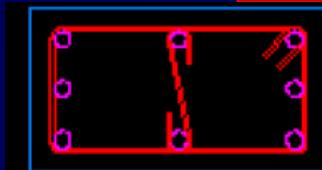
1. Normal = 4 MPa
2. Flexión = 4,1 MPa
3. Cuantía = 0,015



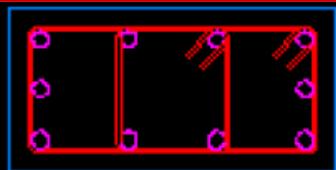
$$\frac{\phi \cdot P_n \cdot e}{A_g \cdot h} = \frac{\phi \cdot M_n}{b \cdot h^2} ; [\text{MPa}]$$

ESFUERZOS COMBINADOS

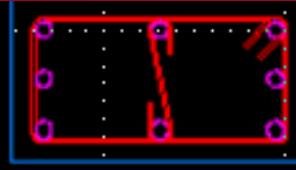
Hormigón Armado. Esquemas de armado



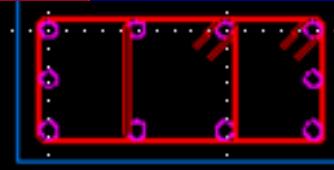
45x25 cm
8Ø12 / eØ6+1rØ6a15cm.



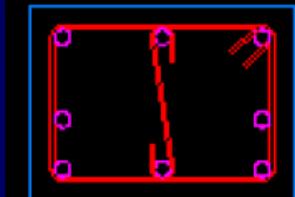
50x25cm
10Ø12 / 2eØ6a15cm.



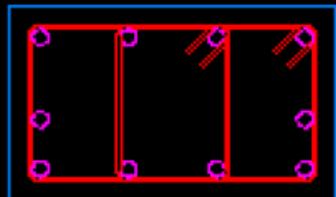
45x25 cm
8Ø12 / eØ6+1rØ6a15cm.



50x25cm
10Ø12 / 2eØ6a15cm.



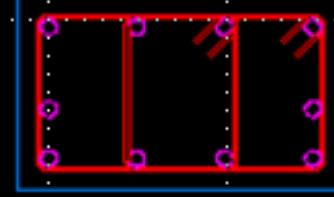
40x30 cm
8Ø12 / eØ6+1rØ6a15cm.



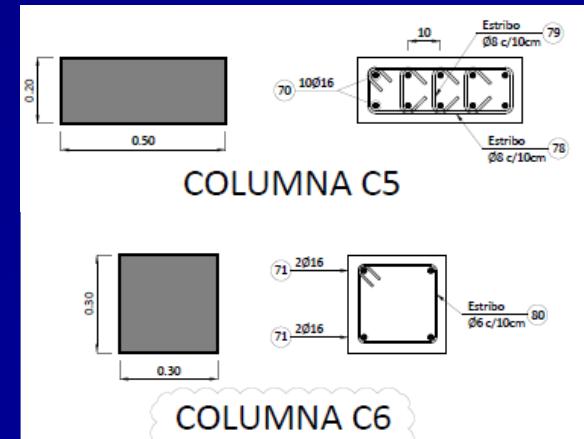
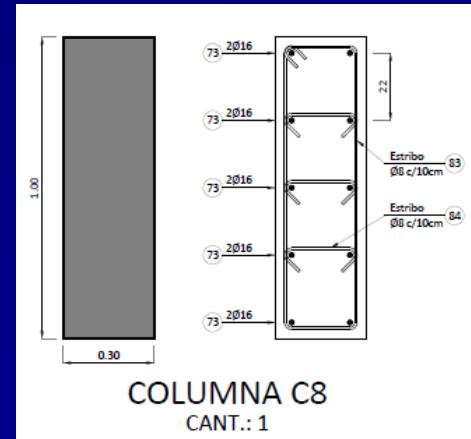
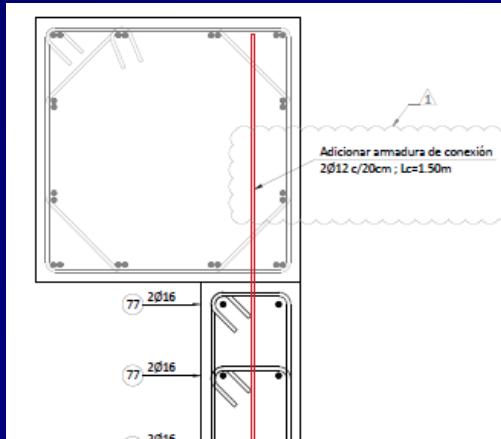
50x30cm
10Ø12 / 2eØ6a 15 cm.



40x30 cm
8Ø12 / eØ6+1rØ6a15cm.



50x30cm
10Ø12 / 2eØ6a15cm.



ESFUERZOS COMBINADOS

Hormigón Armado. Consideraciones de armado

Columnas Simples

- $b_{m\acute{a}nimo} = 20 \text{ cm}$
- Cantidad de barras m\acute{a}nimas = 4
- Diámetro longitudinal m\acute{a}nimo = 12 mm
- Diámetro estribos p/barra longitudinal $\leq \phi 16 \text{ mm}$ $\phi_{estribo} = 6 \text{ mm}$
 $p/\text{barra longitudinal} \leq \phi 25 \text{ mm}$ $\phi_{estribo} = 8 \text{ mm}$
 $p/\text{barra longitudinal} > \phi 25 \text{ mm}$ $\phi_{estribo} = 10 \text{ mm}$
- Esbeltez máxima ≤ 15 (sin pandeo)
- Separación estribos $\leq 12 \cdot \phi_{\text{barra longitudinal}}$ (**6** ϕ_{barra} , para pórticos sismorresistente)
- Separación estribos $\leq b_{m\acute{a}nimo}$
- $\phi_c = 0.65$

Columnas Zunchadas

- Diámetro_{m\acute{a}nimo} = 30 cm
- Cantidad de barras m\acute{a}nimas = 6
- Diámetro longitudinal m\acute{a}nimo = 12 mm
- Diámetro estribos p/barra longitudinal $\leq \phi 16 \text{ mm}$ $\phi_{estribo} = 6 \text{ mm}$
 $p/\text{barra longitudinal} \leq \phi 25 \text{ mm}$ $\phi_{estribo} = 8 \text{ mm}$
 $p/\text{barra longitudinal} > \phi 25 \text{ mm}$ $\phi_{estribo} = 10 \text{ mm}$
- Esbeltez máxima ≤ 13 (sin pandeo)
- Separación estribos $\leq 1/5$ diámetro del núcleo.
- Separación estribos $\leq 8 \text{ cm}$
- $\phi_c = 0.70$

COMPRESIÓN. Coeficientes de pandeo

TABLA DE DISEÑO DE ELEMENTOS COMPRIMIDOS (Cuadr. Y Rect.)												
	0.8			Fy= 240 MPa			E= 202000 MPa					
λ	λ_c	$\phi \cdot F_{cr}$	λ	λ_c	$\phi \cdot F_{cr}$	λ	λ_c	$\phi \cdot F_{cr}$	λ	λ_c	$\phi \cdot F_{cr}$	
1	0,01	191,99	41	0,45	176,41	81	0,89	137,95	121	1,33	91,82	
2	0,02	191,96	42	0,46	175,67	82	0,90	136,82	122	1,34	90,70	
3	0,03	191,91	43	0,47	174,92	83	0,91	135,69	123	1,35	89,59	
4	0,04	191,85	44	0,48	174,16	84	0,92	134,56	124	1,36	88,48	
5	0,05	191,76	45	0,49	173,38	85	0,93	133,41	125	1,37	87,38	
6	0,07	191,65	46	0,50	172,58	86	0,94	132,27	126	1,38	86,28	
7	0,08	191,53	47	0,52	171,78	87	0,95	131,12	127	1,39	85,18	
8	0,09	191,38	48	0,53	170,96	88	0,97	129,97	128	1,40	84,10	
9	0,10	191,22	49	0,54	170,12	89	0,98	128,82	129	1,42	83,02	
10	0,11	191,04	50	0,55	169,28	90	0,99	127,66	130	1,43	81,94	
11	0,12	190,83	51	0,56	168,42	91	1,00	126,50	131	1,44	80,87	
12	0,13	190,61	52	0,57	167,55	92	1,01	125,34	132	1,45	79,80	
13	0,14	190,37	53	0,58	166,66	93	1,02	124,18	133	1,46	78,75	
14	0,15	190,11	54	0,59	165,76	94	1,03	123,01	134	1,47	77,69	
15	0,16	189,84	55	0,60	164,86	95	1,04	121,85	135	1,48	76,65	
16	0,18	189,54	56	0,61	163,94	96	1,05	120,68	136	1,49	75,61	
17	0,19	189,22	57	0,63	163,01	97	1,06	119,51	137	1,50	74,52	
18	0,20	188,89	58	0,64	162,07	98	1,08	118,34	138	1,51	73,45	
19	0,21	188,54	59	0,65	161,11	99	1,09	117,17	139	1,53	72,40	
20	0,22	188,17	60	0,66	160,15	100	1,10	116,01	140	1,54	71,36	
21	0,23	187,78	61	0,67	159,18	101	1,11	114,84	141	1,55	70,36	
22	0,24	187,37	62	0,68	158,19	102	1,12	113,67	142	1,56	69,37	
23	0,25	186,95	63	0,69	157,20	103	1,13	112,50	143	1,57	68,40	
24	0,26	186,51	64	0,70	156,20	104	1,14	111,33	144	1,58	67,46	
25	0,27	186,05	65	0,71	155,18	105	1,15	110,17	145	1,59	66,53	
26	0,29	185,57	66	0,72	154,16	106	1,16	109,00	146	1,60	65,62	
27	0,30	185,08	67	0,74	153,13	107	1,17	107,84	147	1,61	64,73	
28	0,31	184,56	68	0,75	152,10	108	1,18	106,68	148	1,62	63,86	
29	0,32	184,03	69	0,76	151,05	109	1,20	105,52	149	1,63	63,00	
30	0,33	183,49	70	0,77	150,00	110	1,21	104,36	150	1,65	62,17	
31	0,34	182,92	71	0,78	148,93	111	1,22	103,20	151	1,66	61,35	
32	0,35	182,34	72	0,79	147,86	112	1,23	102,05	152	1,67	60,54	
33	0,36	181,75	73	0,80	146,79	113	1,24	100,90	153	1,68	59,75	
34	0,37	181,14	74	0,81	145,70	114	1,25	99,75	154	1,69	58,98	
35	0,38	180,51	75	0,82	144,62	115	1,26	98,61	155	1,70	58,22	
36	0,39	179,86	76	0,83	143,52	116	1,27	97,47	156	1,71	57,48	
37	0,41	179,20	77	0,84	142,42	117	1,28	96,33	157	1,72	56,75	
38	0,42	178,53	78	0,86	141,31	118	1,29	95,19	158	1,73	56,03	
39	0,43	177,84	79	0,87	140,20	119	1,31	94,06	159	1,74	55,33	
40	0,44	177,13	80	0,88	139,08	120	1,32	92,94	160	1,76	54,64	

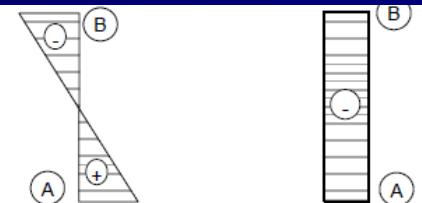
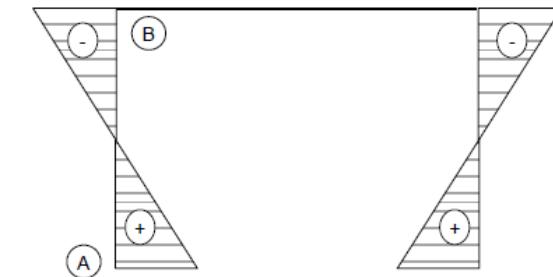
Los elementos de la sección transversal son todos compactos (f_y y λ_w) < λ_r

Tabla de valores Cp			
Le/d	Laminado	Aserrado	Rollizo
5	1.00	0.99	0.99
6	0.99	0.99	0.99
7	0.99	0.99	0.98
8	0.99	0.98	0.98
9	0.98	0.98	0.97
10	0.98	0.97	0.96
11	0.98	0.96	0.95
12	0.97	0.96	0.94
13	0.96	0.95	0.93
14	0.96	0.94	0.92
15	0.95	0.92	0.90
16	0.94	0.91	0.89
17	0.92	0.89	0.87
18	0.91	0.88	0.85
19	0.89	0.86	0.83
20	0.87	0.83	0.80
21	0.85	0.81	0.78
22	0.82	0.78	0.75
23	0.80	0.76	0.73
24	0.77	0.73	0.70
25	0.74	0.70	0.67
26	0.70	0.67	0.64
27	0.67	0.64	0.61
28	0.64	0.61	0.59
29	0.61	0.58	0.56
30	0.58	0.55	0.53
31	0.55	0.53	0.51
32	0.52	0.50	0.48

Tabla de valores Cp			
Le/d	Laminado	Aserrado	Rollizo
33	0.49	0.48	0.46
34	0.47	0.45	0.44
35	0.45	0.43	0.42
36	0.42	0.41	0.40
37	0.40	0.39	0.38
38	0.38	0.37	0.37
39	0.37	0.36	0.35
40	0.35	0.34	0.33
41	0.33	0.33	0.32
42	0.32	0.31	0.31
43	0.31	0.30	0.29
44	0.29	0.29	0.28
45	0.28	0.28	0.27
46	0.27	0.26	0.26
47	0.26	0.25	0.25
48	0.25	0.24	0.24
49	0.24	0.24	0.23
50	0.23	0.23	0.22
51	0.22	0.22	0.22
52	0.21	0.21	0.21
53	0.20	0.20	0.20
54	0.20	0.20	0.19
55	0.19	0.19	0.19
56	0.18	0.18	0.18
57	0.18	0.18	0.17
58	0.17	0.17	0.17
59	0.17	0.16	0.16
60	0.16	0.16	0.16

EJERCICIO. Pórtico de Hº Aº

Ejercicio Nº 3: Dimensionar la columna del pórtico de la figura con hormigón clase H-30 de 300 x 500mm con armadura distribuida.



Esfuerzo	Extremo A	Extremo B
M_D	+32 kNm	-64 kNm
M_L	+ 16 kNm	-32 kNm
P_D	-90 kN	-90 kN
P_L	-45kN	-45kN

EJERCICIO FLEXOCOMPRESIÓN TEMA 1

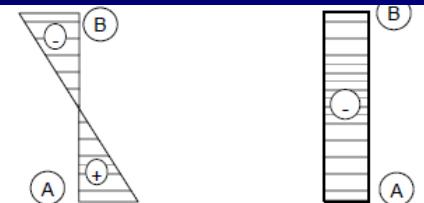
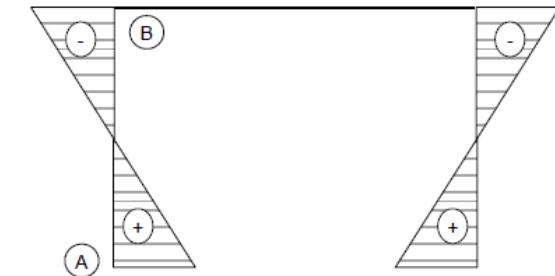
H-25	$f'c = 25 \text{ MPa}$	$f_y = 420 \text{ MPa}$
$\gamma = 0,9$		Diagrama II-10
$b = 200 \text{ mm}$		
$h = 300 \text{ mm}$		

Solicitudes en pórtico. Sección A-A			
Esfuerzos		Momentos	Axiales
Tipo		[kNm]	[kN]
Estados Simples	D	32	90
	L	16	45
	E	50	95

Solicitudes en pórtico. Sección B-B			
Esfuerzos		Momentos	Axiales
Tipo		[kNm]	[kN]
Estados Simples	D	-64	90
	L	-32	45
	E	150	200

EJERCICIO. Pórtico de Hº Aº

Ejercicio Nº 3: Dimensionar la columna del pórtico de la figura con hormigón clase H-30 de 300 x 500mm con armadura distribuida.



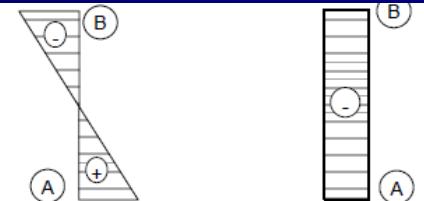
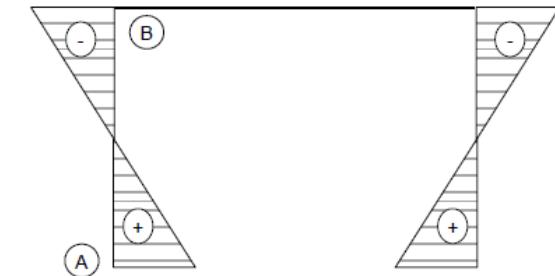
Esfuerzo	Extremo A	Extremo B
M_D	+32 kNm	-64 kNm
M_L	+ 16 kNm	-32 kNm
P_D	-90 kN	-90 kN
P_L	-45kN	-45kN

Solicitudes en pórtico. Sección A-A			
Esfuerzos		Momentos	Axiales
Tipo		[kNm]	[kN]
Estados Simples	D	32	90
	L	16	45
	E	50	95
C1	1,2D+1,6L	64,0	180,0
C2	1,2D+0,5L+E	96,4	225,5
C3	1,2D+0,5L-E	-3,6	35,5
C4	0,8D+E	75,6	167,0
C5	0,8D+-E	-24,4	-23,0
Axial = Negativo es tracción			

Combinación	sección inferior = pie				
	M _u [kNm]	P _u [kN]	m _u [MPa]	p _u [MPa]	Cuantía Punto
C1	64	180,0	3,56	3,00	
C2	96	225,5	5,36	3,76	
C3	-4	35,5	0,20	0,59	
C4	76	167,0	4,20	2,78	
C5	-24	-23,0	1,36	-0,38	

EJERCICIO. Pórtico de Hº Aº

Ejercicio Nº 3: Dimensionar la columna del pórtico de la figura con hormigón clase H-30 de 300 x 500mm con armadura distribuida.



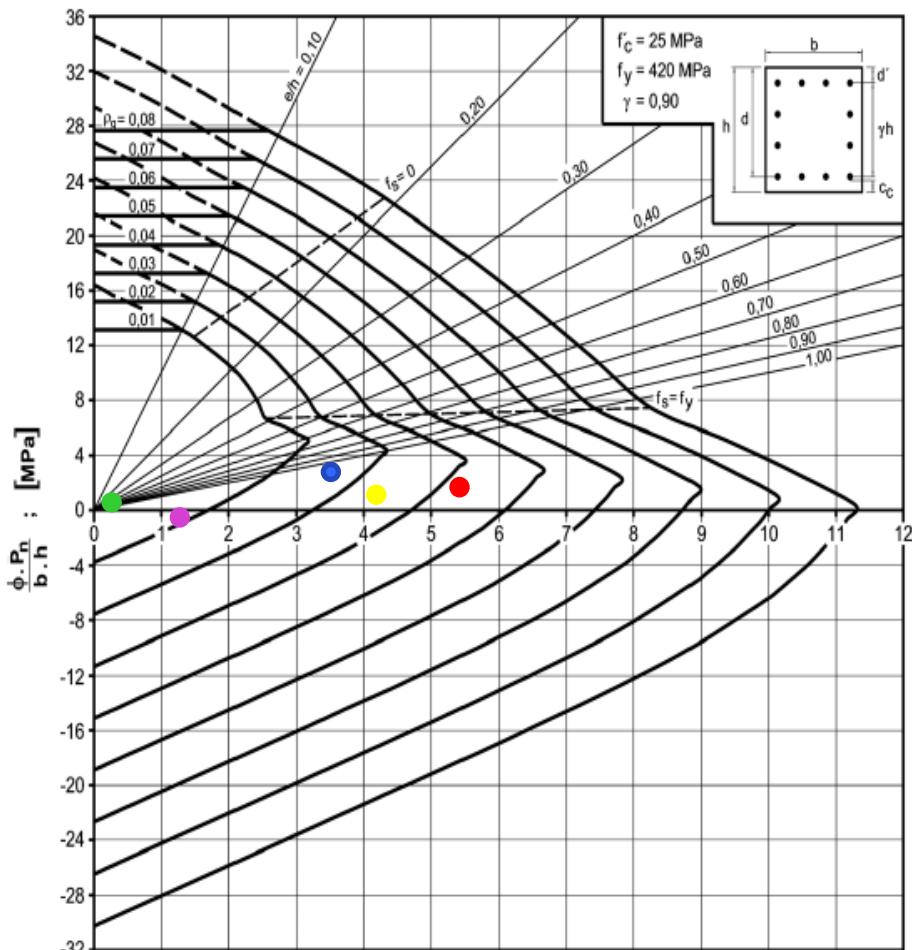
Esfuerzo	Extremo A	Extremo B
M_D	+32 kNm	-64 kNm
M_L	+ 16 kNm	-32 kNm
P_D	-90 kN	-90 kN
P_L	-45kN	-45kN

Solicitudes en pórtico. Sección B-B			
Esfuerzos		Momentos	Axiales
Tipo		[kNm]	[kN]
Estados Simples	D	-64	90
	L	-32	45
	E	150	200
C1	1,2D+1,6L	-128,0	180,0
C2	1,2D+0,5L+E	57,2	330,5
C3	1,2D+0,5L-E	-242,8	-69,5
C4	0,8D+E	98,8	272,0
C5	0,8D+-E	-201,2	-128,0

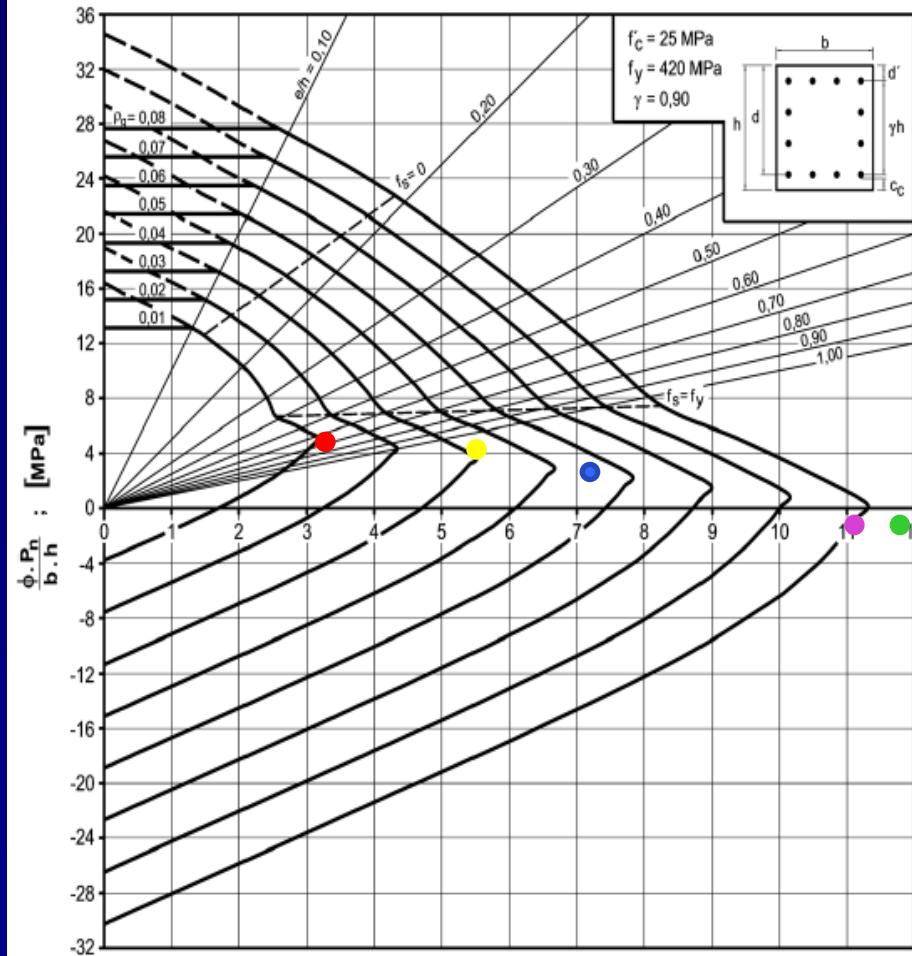
Axial = Negativo es tracción

Combinación	sección inferior = pie					
	M _u	P _u	m _u	p _u	Cuantía	
	[kNm]	[kN]	[MPa]	[MPa]	ρ	Punto
C1	-128	180,0	7,11	3,00		
C2	57	330,5	3,18	5,51		
C3	-243	-69,5	13,49	-1,16		
C4	99	272,0	5,49	4,53		
C5	-201	-128,0	11,18	-2,13		

EJERCICIO. Pórtico de Hº Aº



$$\frac{\phi \cdot P_n}{A_g} \cdot \frac{e}{h} = \frac{\phi \cdot M_n}{b \cdot h^2} ; \text{ [MPa]}$$



$$\frac{\phi \cdot P_n}{A_g} \cdot \frac{e}{h} = \frac{\phi \cdot M_n}{b \cdot h^2} ; \text{ [MPa]}$$

“DISEÑO ESTRUCTURAL”
ESFUERZOS COMBINADOS
FIN