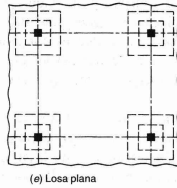
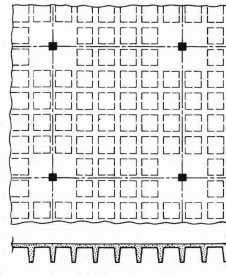


Losas

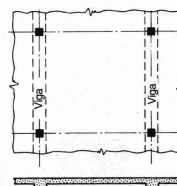
– Tipos de losas



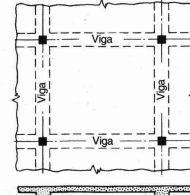
(e) Losa plana



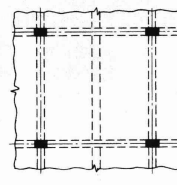
(f) Losa reticular



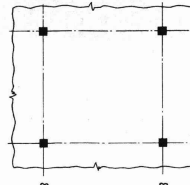
(a) Losa en una dirección



(b) Losa en dos direcciones



(c) Losa en una dirección

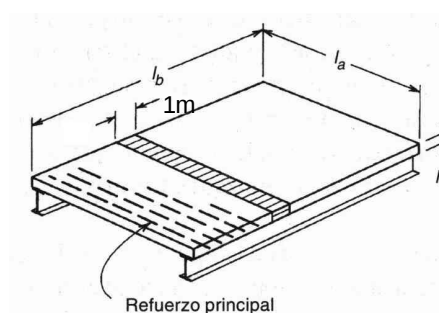
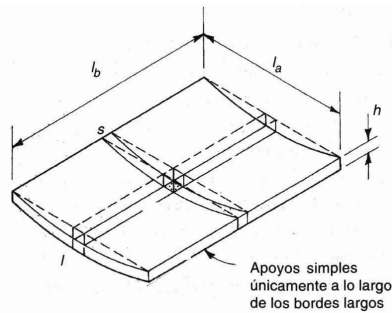


(d) Losa de placa plana

Losas apoyadas en los bordes

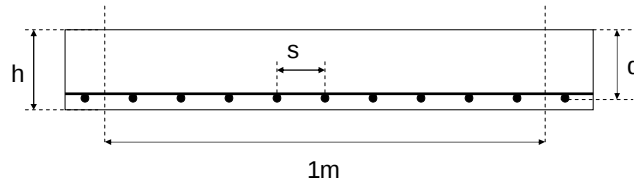
– Losa en 1 dirección

- Habitualmente para losas de relación largo/ancho ≥ 2
- Equivalente a viga (por unidad de ancho)
- Dominante en flexión



Losas en 1 dirección

- Habitualmente para losas de relación largo/ancho ≥ 2
- Equivalente a viga (por unidad de ancho)
- Dominante en flexión



A_s = área de armadura en 1m

A_b = área de 1 barra

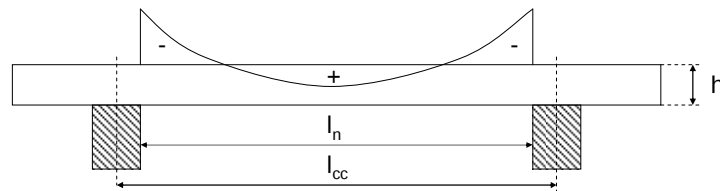
n = número de barras

$$A_s = \frac{1000}{s} A_b \Rightarrow \rho = \frac{A_b}{s d} = \frac{A_s}{1000 d} \text{ ó } \rho_{\text{cuantía mínima}} = \frac{A_b}{s h} = \frac{A_s}{1000 h}$$

Losas en 1 dirección

- Luz de cálculo (S.8.7)

- Losa monolítica Luz cálculo = l_n , si $l_n \leq 3m$
- Elementos no monolítico Luz cálculo = $l_n + h \leq l_{cc}$



- Espesores mínimos de losa (S.9.5.2.1)

Espesor mínimo de losa en 1 dirección	
simplemente apoyadas	$L/20$
un extremo continuo	$L/24$
los dos extremos continuos	$L/28$
en voladizo	$L/10$

-Para hormigón de peso normal y $f_c=420\text{MPa}$

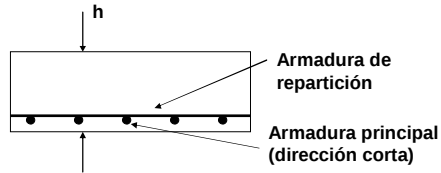
-Para losas no conectadas a elementos que se dañen con grandes deformaciones

Losas en 1 dirección

– Armadura principal

- Diseño en flexión
- Espaciamiento (S.7.6.5)

$$s \leq \begin{cases} 3h, & h = \text{espesor de losa} \\ 450 \text{ mm} \end{cases}$$



– Armadura de reparto (S.7.12)

- Para temperatura y retracción de fraguado
- Cuantía mínima $\rho_{\min} = \begin{cases} 0.0020, & \text{si } f_y = 280 \text{ o } 350 \text{ MPa} \\ 0.0018, & \text{si } f_y = 420 \text{ MPa} \end{cases}$
- Espaciamiento $s \leq \begin{cases} 5h, & h = \text{espesor de losa} \\ 450 \text{ mm} \end{cases}$

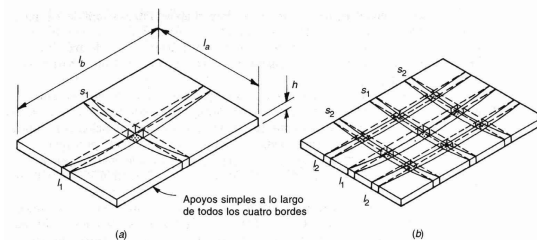
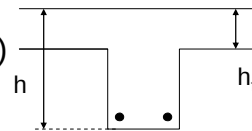
En términos
del área bruta:
 $\rho = A_s / bh$



- Cuantía mínima de armadura en losa dada por la cuantía mínima de armadura de reparto (S.10.5.4)

Losas en 2 direcciones

- Habitualmente para losas de relación largo/ancho ≤ 2 (l_b lado largo, l_a lado corto)
- Ventajas por sobre vigas en 1 dirección
 - Mayor capacidad en flexión
 - Capacidad en torsión
- Requisito (Método de los coeficientes)
 - Vigas suficientemente rígidas $h \geq 3h_f$
- Distribución de cargas



Ingeniería Civil

Losas en 2 direcciones

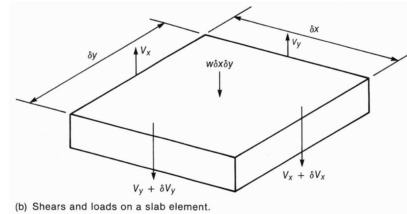
- **Equilibrio**

$$\sum F \quad \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = -w$$

$$\sum M \quad \frac{\partial m_y}{\partial y} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial x} = V_y \quad \frac{\partial m_x}{\partial x} + \frac{\partial m_{yx}}{\partial y} = V_x$$

$$m_{xy} = m_{yx} \quad (\sigma_{xy} = \sigma_{yx})$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 m_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2} = -w$$



(b) Shears and loads on a slab element.

- **Compatibilidad + ley constitutiva**

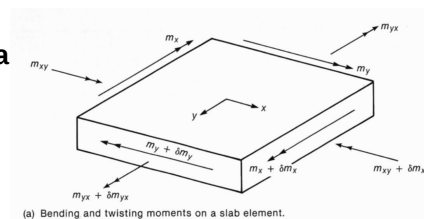
- **Otros Métodos:**

- Líneas de fluencia

- Método de las franjas



Ingeniería Civil



(a) Bending and twisting moments on a slab element.

Losas en 2 direcciones

- Distribución de cargas

- Viga elástica

$$\delta = \frac{5w l^4}{384EI}$$

- Losa (aprox.)

$$\delta_1 = \delta_2 \Rightarrow \frac{5w_a l_a^4}{384EI} = \frac{5w_b l_b^4}{384EI}$$

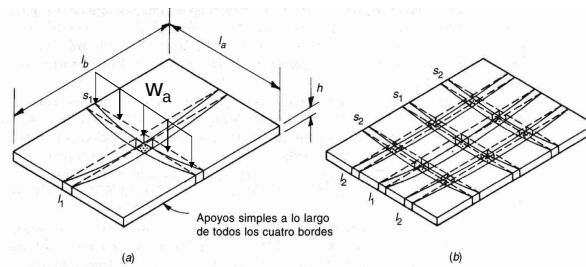
$$\Rightarrow \frac{w_a}{w_b} = \left(\frac{l_b}{l_a} \right)^4, \text{ si } \frac{l_b}{l_a} = 2 \Rightarrow \frac{w_a}{w_b} = 16$$

- Losa (si $l_a = l_b$)

$$\Rightarrow w_a = w_b = w/2 \Rightarrow M_{aprox} = \frac{(w/2) l^2}{8} = 0.0625 w l^2$$

$$M_{losa\ elástica} = 0.048 w l^2 \Rightarrow \text{reducido por momento de torsión}$$

(losa elástica en 2 direcciones)

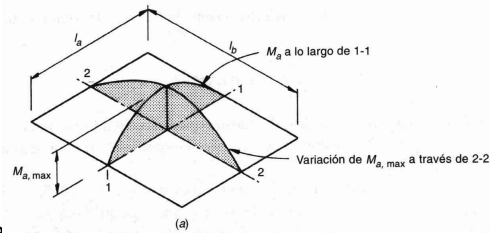


Ingeniería Civil

Losas en 2 direcciones

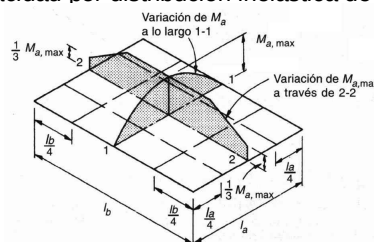
– Distribución de cargas

- Variación de cargas
 - M_a en 1-1 y 2-2
 - M_b en 1-1 y 2-2



• Redistribución inelástica

- Fluencia franja central no constituye falla
- Aumento de momento en zonas aledañas luego de fluencia de franja central
- Mayor capacidad por distribución inelástica de momentos



Losas en 2 direcciones

– Redistribución inelástica

- Mayor capacidad por distribución inelástica de momentos
- Diseño por franjas

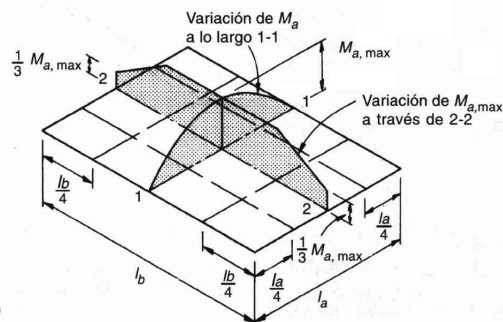
-Franja central ($l/2$)

$$M_{a,max}$$

-Franja lateral ($l/4+l/4$)

$$2/3 M_{a,max} \text{ (recom.)}$$

-Análogo para M_b



– Métodos de diseño

- Método de diseño directo (S.13.6, ACI 318-05)
- Método del marco equivalente (S.13.7, ACI 318-05)
- Método de los coeficientes (ACI 318-63), común por su simplicidad y permitido por ACI 318-05 (S.13.5.1)

Losas en 2 direcciones

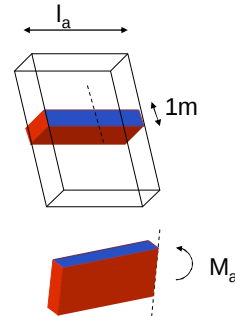
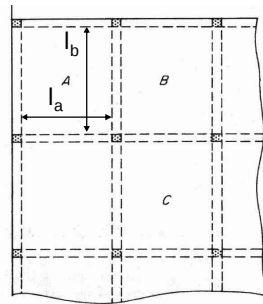
– Método de los Coeficientes (ACI 318-63)

- Coeficientes basados en análisis elástico y redistribución inelástica.
- Momento en franjas centrales

$$M_a = c_a w l_a^2$$

$$M_b = c_b w l_b^2$$

M en kN*m/m
w en kN/m²



Método de los Coeficientes

– Momentos negativos en borde continuo (tabla 12.3)

- Máximo momento negativo para cargas totales (vivas y muertas) a ambos lados del apoyo.

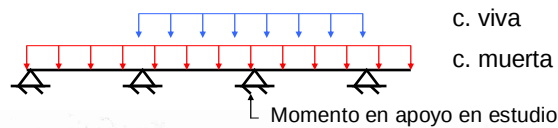


TABLA 12.3
Coeficientes para momentos negativos en losas*

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00									
		0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95		0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90		0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025

Método de los Coeficientes

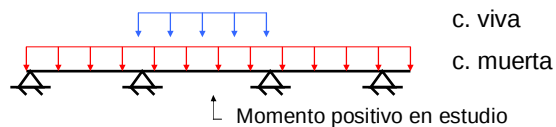
– Momentos negativos en borde discontinuo

- Momento teórico es cero, pero la alta rigidez de las vigas de borde generan momentos negativos.

$$M_{a,neg} = \frac{1}{3}M_{a,pos} \quad M_{b,neg} = \frac{1}{3}M_{b,pos}$$

– Momentos positivos

- carga muerta → mínimas rotaciones en apoyos (tabla 12.4)
- carga viva → rotaciones en apoyos (tabla 12.5)
- Momento combinado de ambas cargas



Método de los Coeficientes

– Esfuerzo de corte

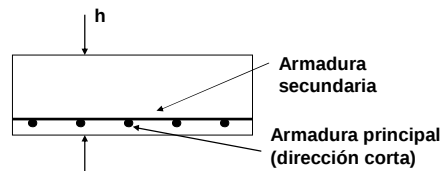
- Capacidad al corte del hormigón (ϕV_c).
- Proporción de carga de corte dada por Tabla 12.6

– Espesor de losa

- Espesor sugerido (h)
- Corte y deflexiones deben chequearse $h = \frac{\text{perímetro de losa}}{180\text{mm}} \geq 90\text{mm}$

– Distribución de armadura

- Principal vs. Secundaria
- Franja Central vs. Laterales
- Espaciamiento (S.13.3.2)
 $s \leq 2h$



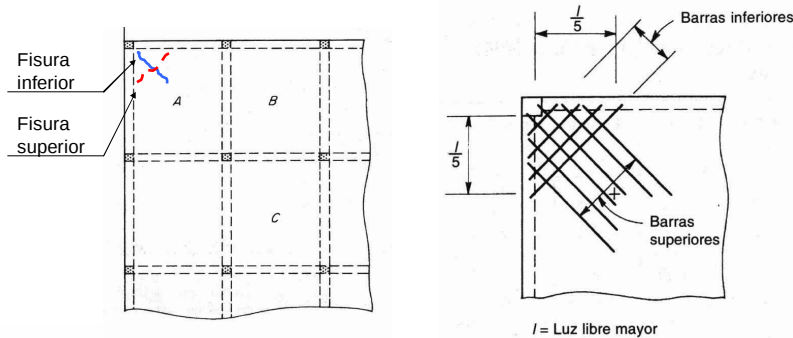
- Cuantía mínima (temperatura y retracción de fraguado) (S.13.3.1)

$$\rho_{\min} = \begin{cases} 0.0020, & \text{si } f_y = 280 \text{ o } 350 \text{ MPa} \\ 0.0018, & \text{si } f_y = 420 \text{ MPa} \end{cases} \quad \text{En términos del área bruta: } \rho = A_s / bh$$

Método de los Coeficientes

– Armadura Especial de Esquinas Exteriores

- Refuerzo adicional para resistir esfuerzos torsionales
- Refuerzo (ambas direcciones) con capacidad equivalente al momento máximo positivo (por unidad de ancho) en la losa



Método de los Coeficientes

– Cálculo aproximado de deflexiones

- Deflexiones medias respecto del lado largo y corto basado en momento máximo positivo
- Carga Viva (Tabla 12.5)

$$\left. \begin{array}{c} \text{Diagrama 1: Carga viva en el centro} \\ \text{Diagrama 2: Carga viva en los tercios} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Delta = \frac{3}{32} \frac{M_b I_b^2}{E_c I_e} \\ \Delta = \frac{5}{48} \frac{M_b I_b^2}{E_c I_e} \end{array}$$

Δ en estudio

- Carga Muerta (Tabla 12.4)

$$\left. \begin{array}{c} \text{Diagrama 1: Carga muerta uniforme} \\ \text{Diagrama 2: Carga muerta en los tercios} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Delta = \frac{1}{16} \frac{M_b I_b^2}{E_c I_e} \\ \Delta = \frac{5}{48} \frac{M_b I_b^2}{E_c I_e} \end{array}$$

Δ en estudio

- Inercia $I_e \sim I_g$. En general, $I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g$

- Deformaciones por fluencia lenta $\xi_{\max} = 3.0$ (ACI 318-95)
 $= 2.0$ (ACI 318-05)

Corte y doblado aproximado de barras

- Luces similares
- Carga distribuida uniforme

