



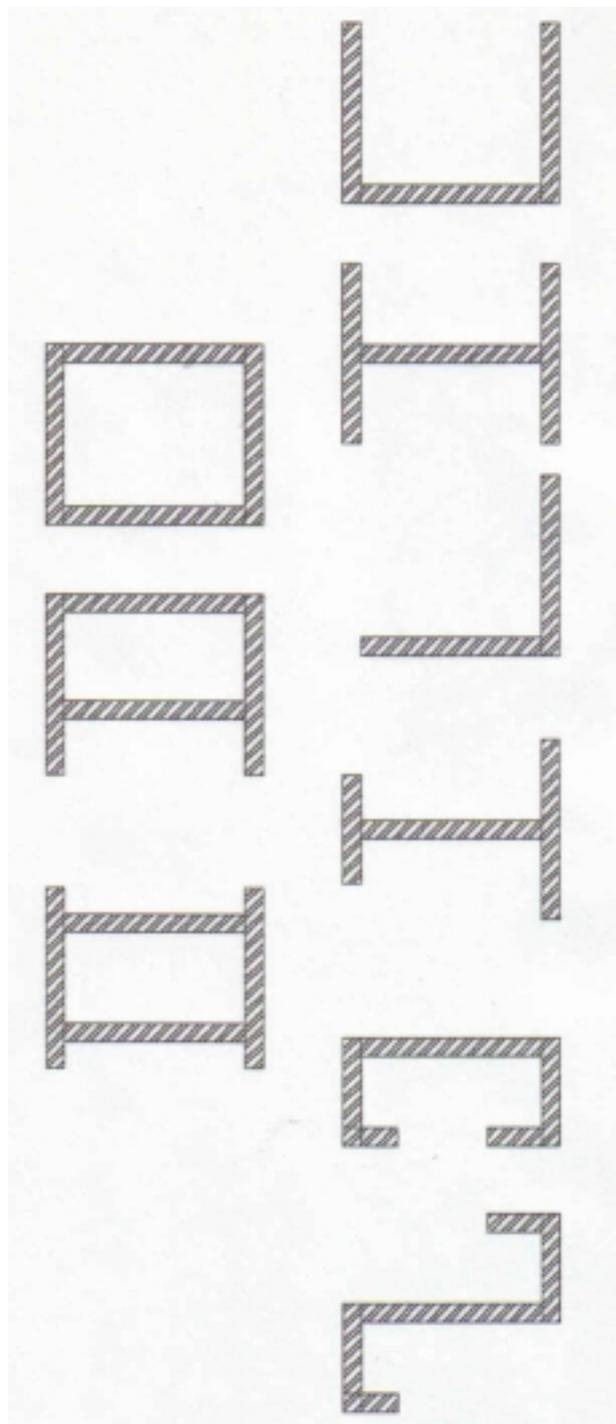
# INESTABILIDAD EN PLACAS

- Clasificación de secciones

Preparó: .....

Revisó: .....

Dirigió: Ing. Daniel A. García Gei



**Inestabilidad de placas comprimidas. Clasificación de secciones.**

- a) Inestabilidad del equilibrio de placas comprimidas conectadas por sus bordes. Expresiones teóricas y correcciones prácticas. Diagrama tensión deformación. Tensiones residuales. Estados límites seccionales.
- b) Elementos compactos y esbeltos. Secciones compactas, no compactas y esbeltas. Limitaciones para análisis plástico. CIRSOC 301-EL, Tabla B.5-1

**6.1. Inestabilidad del equilibrio de placas comprimidas conectadas por sus bordes**

La sección transversal de barras y piezas de acero se conforma con PLACAS, sean perfiles laminados como armados expresamente por el diseñador.

( Resumen de secciones con placas )

Sometidas a esfuerzos de compresión en su plano sufren PANDEO o ABOLLADURA de PLACAS.

La condiciones de borde y el comportamiento bidireccional tienen particular influencia en el desarrollo de la estabilidad del equilibrio, que se puede dar: en rango elástico (*pandeo elástico*), en rango inelástico (*pandeo inelástico*) en rango plástico (*pandeo plástico*) y más allá del rango elástico (*pandeo post – crítico*).

### 6.1.1. Esfuerzos normales

#### 6.1.1.1. Pandeo elástico de placas planas

Una placa apoyada por 4 bordes sometida a esfuerzos externos que generan compresiones en alguna dirección, sea por esfuerzo normal o por cortante.

Hipótesis:

- El material es ISÓTROPO, HOMOGÉNEO, ELÁSTICO hasta la falla o pandeo
- La placa es perfectamente plana, sin imperfecciones
- Las tensiones son sólo producto de los esfuerzos externos (no hay tensiones residuales)

Una placa apoyada por 4 bordes sometida a esfuerzo de compresión uniforme  $p_x$ . Una perturbación que produzca desplazamientos  $w$  del plano medio de la placa en la dirección  $z$ , genera momentos flectores internos y externos.

La situación de equilibrio INDIFERENTE que determina la carga crítica de pandeo conduce a la ecuación diferencial:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial^4 x} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial^2 x \partial^2 y} + \frac{\partial^4 w}{\partial^4 y} = \frac{p_x}{D} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial^2 x}$$

$$D = \frac{\pi^2 EI}{(1-\mu^2)} = \frac{\pi^2 Ebt^3}{12(1-\mu^2)} = \frac{\pi^2 EI^3}{12(1-\mu^2)}$$

rigidez a flexión de la placa, con  $b = 1$  resulta la rigidez en la unidad de ancho.

$p_x$  = compresión unitaria en dirección  $x$

$a$  = longitud de la placa

$b$  = ancho de la placa

$t$  = espesor de la placa

$\mu$  = coeficiente de Poisson = 0.3

En estas condiciones, la placa pandeará o abollará al alcanzar el esfuerzo crítico. Se formará una onda en dirección **y**, y una o más ondas en dirección **x**, dependiendo de las condiciones de apoyo y de la relación  $\alpha = a/b$ .

La tensión crítica de pandeo resulta:

$$f_{cr} = k \frac{\pi^2 E \cdot I}{12(1-\mu^2) \cdot a^2 \cdot t \cdot b} = k \frac{\pi^2 E \cdot t^3}{12(1-\mu^2) \cdot a^2}$$

como se verá:  $a \approx b$

$$f_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 1.826E5 \cdot k \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2 \text{ ó } = k \cdot E \left(\frac{t}{b}\right)^2 \text{ (MPa)}$$

El valor mínimo de **k** (=4) se obtiene para **a/b=1**, cuando a/b aumenta, **k** crece y decrece siendo nuevamente **k=4** para **a/b=2**. En dirección **x**, la placa se abolla sucesivamente a intervalos separados una distancia **b**, en tanto la longitud **a** lo permita.

**k**: depende también de las condiciones de carga, de vínculos y de la relación  $\alpha = a/b$

Valores de **k** para placas delgadas rectangulares ,en función de formas de cargas y condiciones de vínculos

Apoyo		A-A		E-A		E-E		E-L		A-L
		k	$\alpha \geq$	k	$\alpha \geq$	k	$\alpha \geq$	k	$\alpha \geq$	k
Uniforme		4	1	5.4	0.79	6.97	0.67	1.28	1.63	0.43
Triangular		7.81	0.98	12.16	0.77	13.56	0.65	6.26	1.58	1.71
Triangular		7.81	0.98	9.89	0.8	13.56	0.65	1.64	1.67	0.57

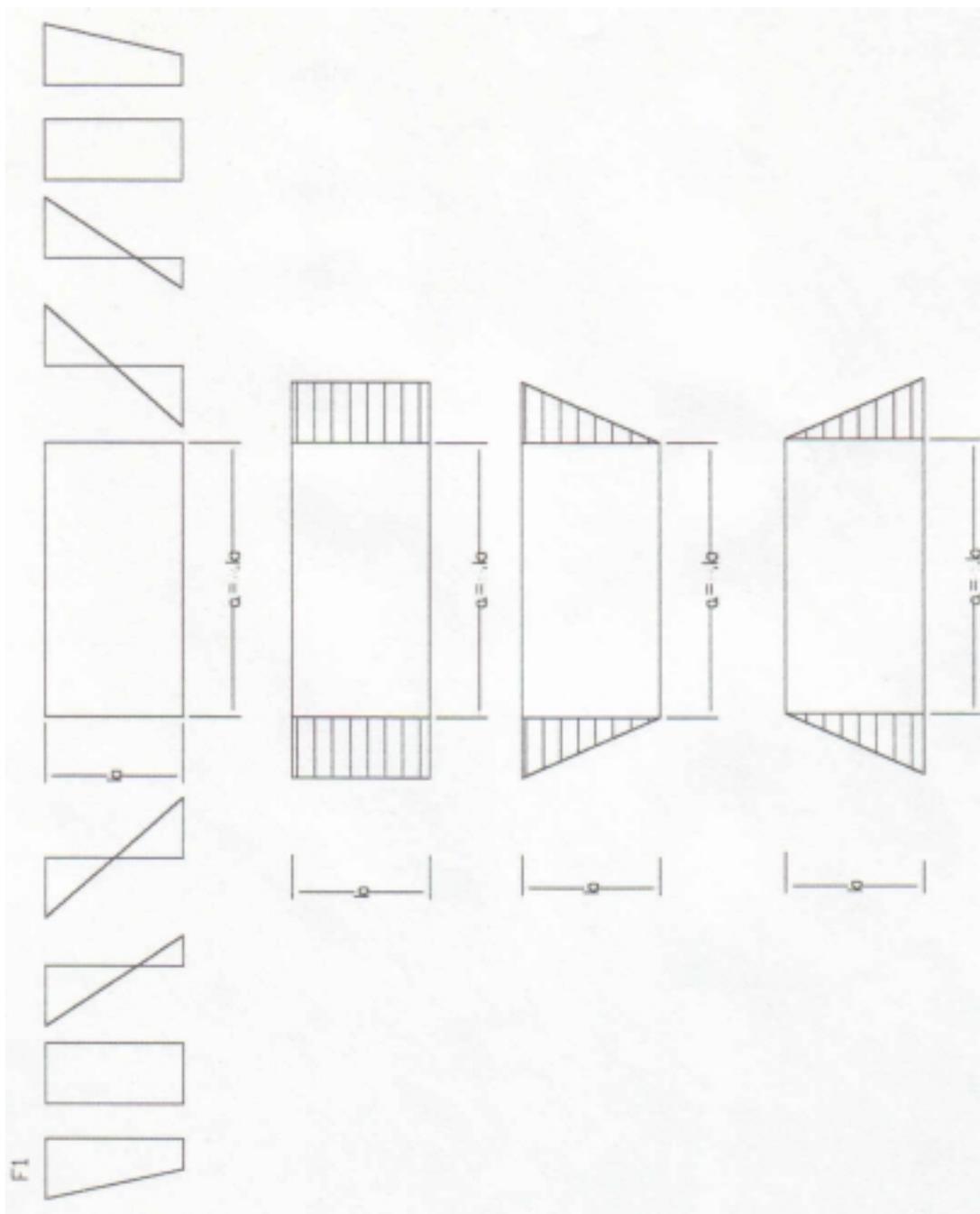
**A-A:** Articulado – Articulado

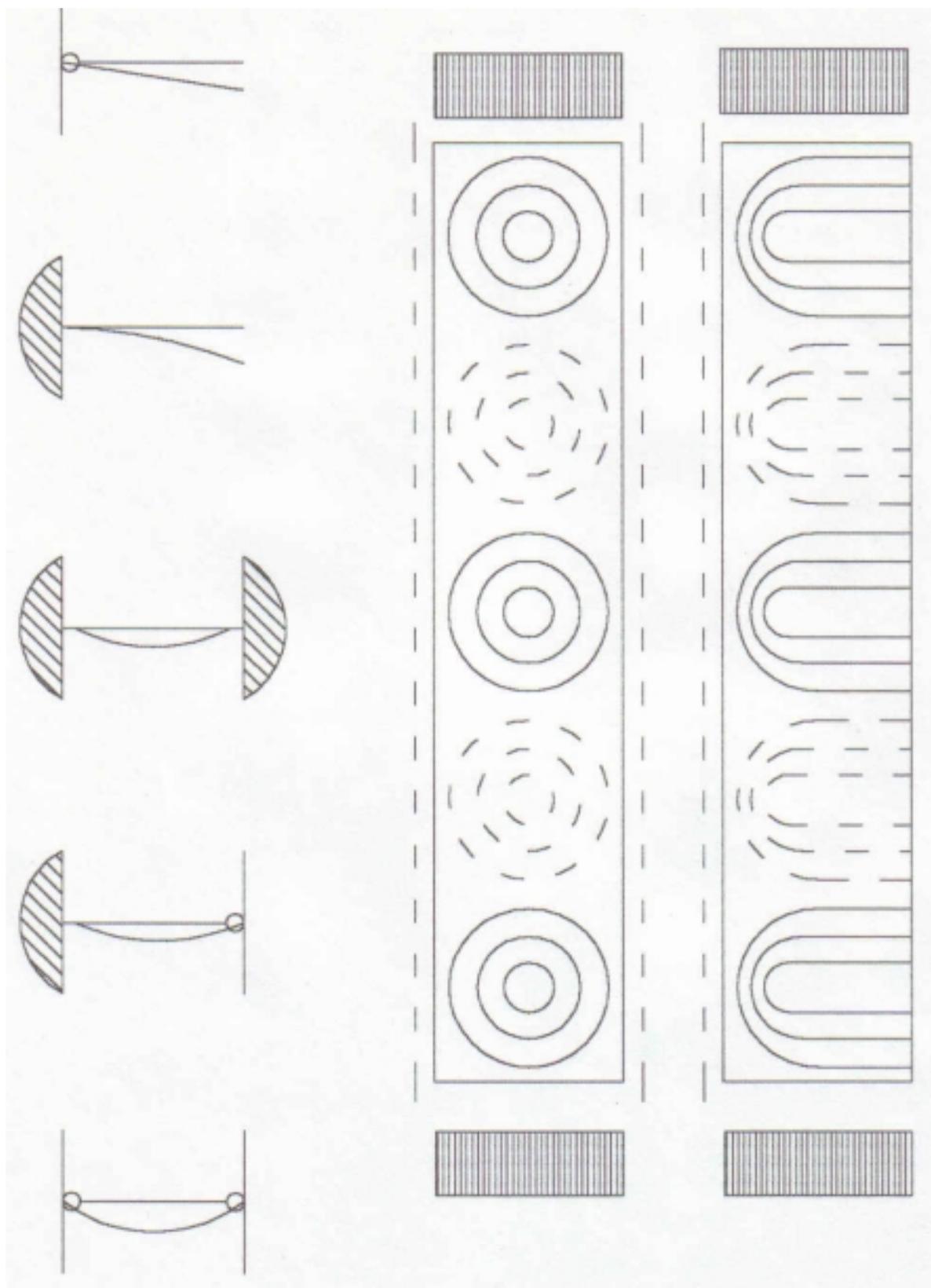
**E-A** Empotrado - Articulado

**E-E** Empotrado – Empotrado

**E-L** Empotrado - Libre

**A-L** Articulado - Libre





Mostrar deformadas asociadas a las condiciones de vínculos y situaciones reales de las placas conformando perfiles-

Sobre la base de las condiciones de vínculo, se pueden distinguir dos grupos de placas:

- **Placas rigidizadas:** tienen dos bordes apoyados, paralelos a la dirección de la carga
- **Placas NO rigidizadas:** tienen un borde apoyado y el otro libre, paralelos a la dirección de la carga.

Mostrar ejemplos de cada grupo

La capacidad de soportar cargas de una placa se puede incrementar considerablemente modificando sus condiciones de vínculo o la relación de esbeltez  $b/t$ .

Para una tensión de compresión dada, la relación  $b/t$  que requiere la placa para no abollar se obtiene de la expresión base. Si consideramos, además, que la mayor capacidad de una sección resulta cuando alcanza el límite de resistencia, nos interesa conocer cual es la relación de esbeltez para la que la placa no se abolla antes de alcanzar la tensión de fluencia  $F_y$ .

$$f_u = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 = f(\delta F_y) \Rightarrow \left(\frac{b}{t}\right)^2 = k \frac{\pi^2}{12(1-\mu^2)} \frac{E}{f(\delta F_y)} \Rightarrow$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) \leq \sqrt{k_c} \cdot \sqrt{\frac{E}{f}} \quad \text{ó} \quad \left(\frac{b}{t}\right) \leq \sqrt{k_c} \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = K \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

o

$$\left(\frac{b}{t}\right) \leq \frac{K_1}{\sqrt{F_y}}$$

Para cada acero tendremos diferentes límites conforme el valor particular de  $F_y$ ,  
 ¡Una mejora en la calidad resistente del acero exige placas más gruesas!

El límite anterior nos indica que la placa alcanza la tensión de fluencia al mismo momento que la resistencia crítica de abollamiento. En estas condiciones se dice que la placa es **no compacta**