

# Curso: Hormigón Estructural 1

## MÓDULO 7: LOSAS

Santiago Laco([slaco@fing.edu.uy](mailto:slaco@fing.edu.uy))

1<sup>er</sup> Semestre - 2025

Universidad de la República - Uruguay



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY

- Ejemplos
- Definiciones / Clasificación
- Cálculo de losas y Forma de trabajo
- Espesores mínimos
- Verificaciones
- Control de deformaciones
- Cortante “en losas”
- Disp. constructivas: barras
- Losas “en una dirección”
- Ecuación de losas
- Cálculo de la reacciones
- Disp. constructivas generales Losas...

**ACLARACIÓN:** Estas transparencias se preparan únicamente como una guía para las clases, las cuales cumplen la función de ser una presentación de los temas que el estudiante debe aprender para aprobar el curso, indicados en la bibliografía.

**Bibliografía:** Jiménez Montoya – 15ª Ed. – Cap. 26.1; 26.2; 26.4; 26.5.1; 26.5.4; 26.11  
EHE-08 – Artículos.: 22, 50.2.2.1, 55.1 - **Anejo 19 del CE 2021 cap. 6.2.2**

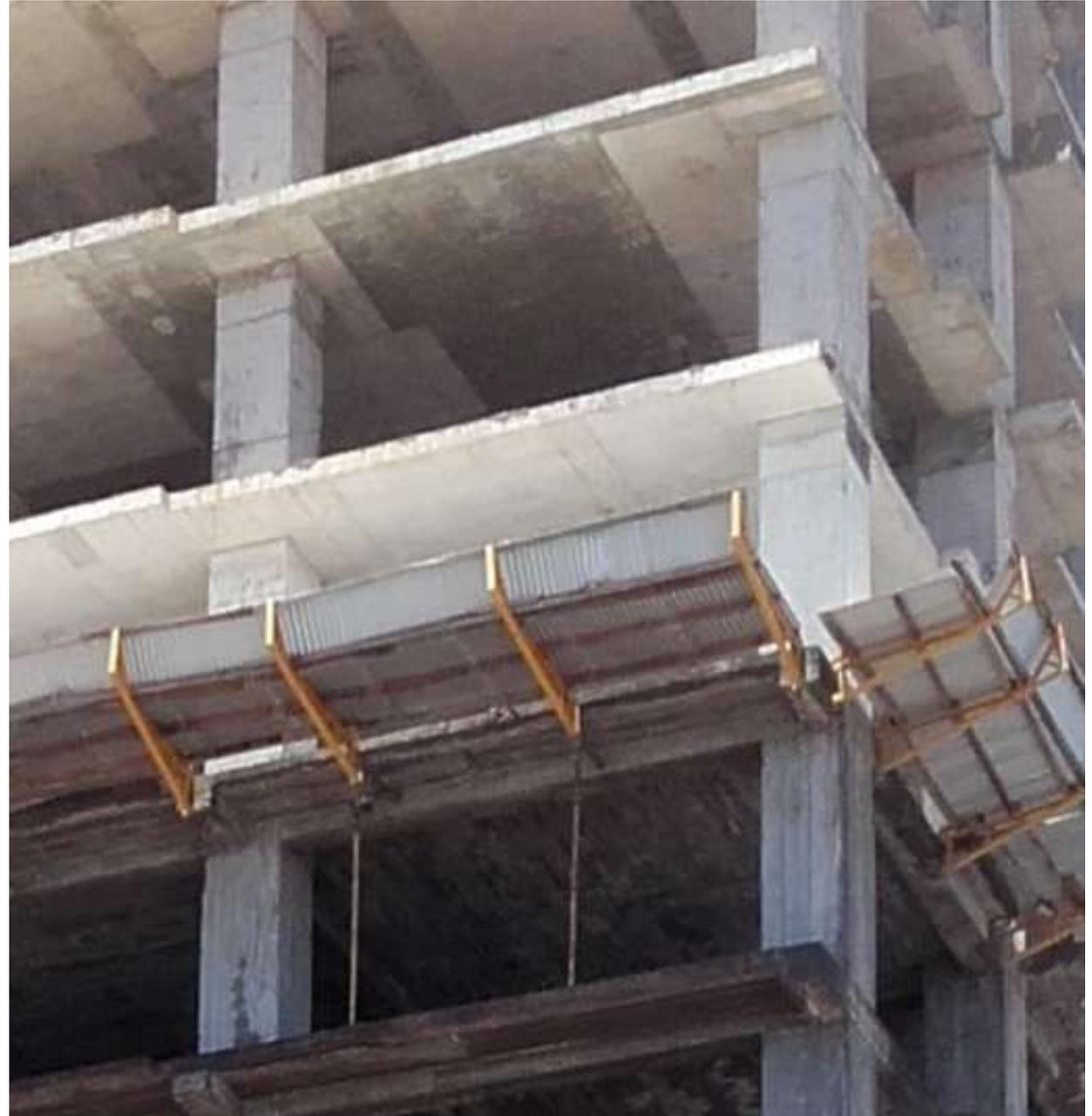
# Ejemplos



# Ejemplos

1er Semestre 2025 Santiago Laco Curso: Hormigón Estructural 1

4



- **Sistemas prefabricados**

- Trabajan predominantemente en una dirección.



# Losas (o placas): Definiciones

- **Estructuras que tienen, simultáneamente :**
  - Dos dimensiones (a y b) mucho mayores que la tercera (h). ( $a \gg h$ ;  $b \gg h$ )
  - Cargas normales al plano medio.
- **Por lo tanto: sometidas fundamentalmente a esfuerzos de flexión.**
  - (Distinto a cargas en su plano  $\Rightarrow$  compresiones  $\Rightarrow$  vigas de gran altura  $\Rightarrow$  membranas)
- **Para trabajar a flexión:**
  - Deben ser esbeltas
    - $h > a/5$  (“a” menor largo)  $\Rightarrow$  losa “alta” (“cortante” modifica deformaciones y tensiones)
    - $h < a/5 \Rightarrow$  EC permite calcular como losa (5.3.1)

(4) Una losa es un elemento para el cual la dimensión mínima del panel no es menor que cinco veces el espesor total de la losa.

- Las deformaciones deben ser pequeñas.
  - De lo contrario aparecen esfuerzos de membrana (tracciones en el plano medio)

# Losas (o placas): Clasificación

## – Forma

- Poligonal, circular
- Macizas o aligeradas (sin y con huecos)

## – Vinculación

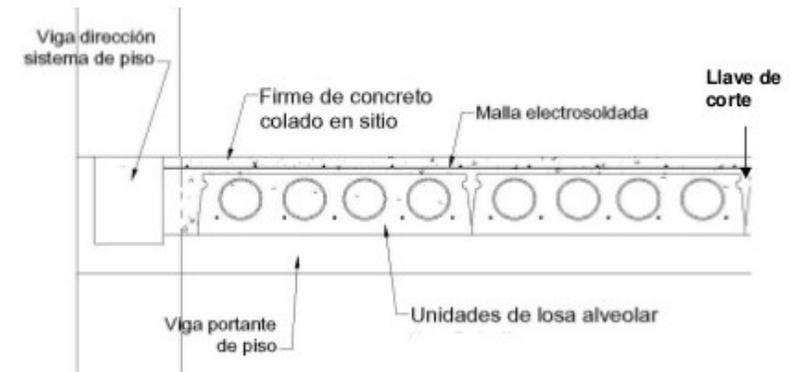
- Aisladas apoyadas en el contorno (Apoyo simple) (*HE1*)
- En voladizo (Empotradas) (*HE1*)
- Continuas en 1 o 2 direcciones (Empotradas) (*HE2*) (*HE1, en forma simplificada*)

## – Tipo de vínculo

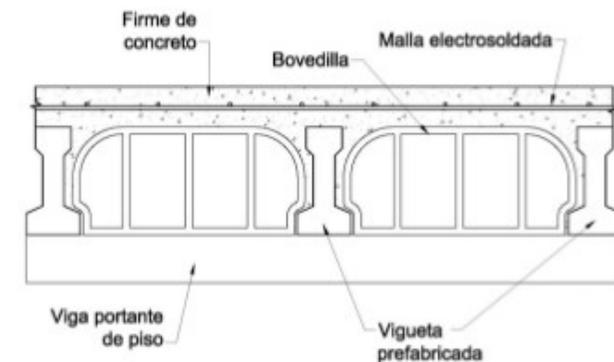
- Apoyos lineales (apoyos continuos) (*HE1*)
- Apoyos puntuales (apoyos aislados) (*HE2*)
- Apoyo elástico

## – Cargas

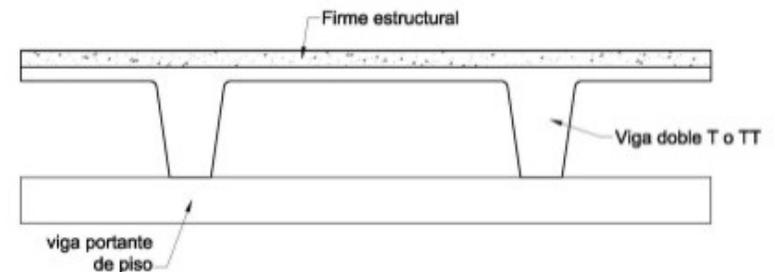
- Puntual
- Distribuida (uniforme o triangular)



a) Sistema de piso con losa alveolar y firme de concreto colado en sitio



b) Sistema de piso a base de vigueta y bovedilla.



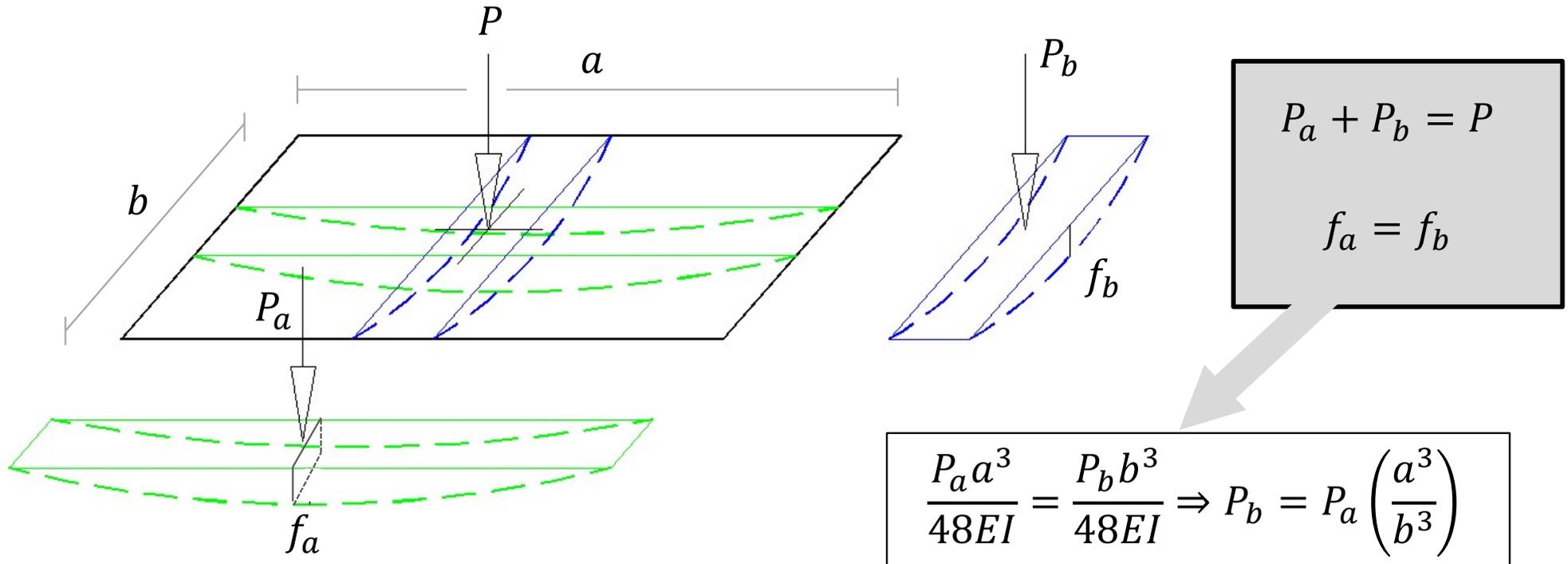
c) Sistema de piso a base de vigas dobles T y firme de concreto

- **Dos grandes grupos:**

- Métodos clásicos: basados en la teoría de elasticidad (es la extensión de la teoría clásica de resistencia de materiales vista en vigas, a elementos planos).
  - Más adecuado para el comportamiento en servicio.
  - Permiten obtener una ley de distribución de momentos, con la cual armar la losa
  - (Es el que utilizaremos en *HE1*)
  
- Métodos en rotura (líneas de rotura): basados en la teoría de la plasticidad. Suponen que el material se comporta en forma rígido-plástica.
  - Más adecuado para el comportamiento en estado último.
  - Se parte de una distribución de armadura, con la que se verifica que resiste las cargas de diseño.
  - No da información de la situación en servicio.
  - (Se ve en Mecánica Estructural, y se utilizará en *H2*)

# ¿Cómo trabaja una losa?

## • Primera aproximación: Método de Marcus

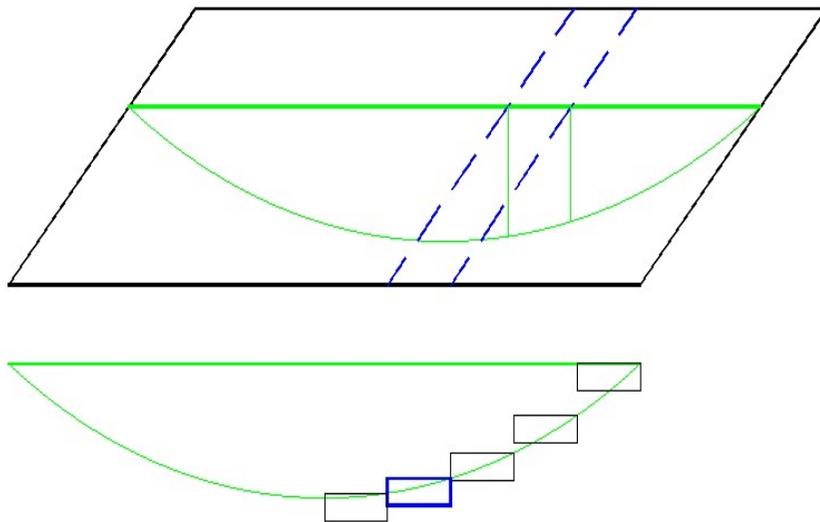


Observamos que pequeños aumentos de  $a$  (respecto a  $b$ ), generan grandes aumentos de  $P_b$  (respecto a  $P_a$ )

Tanto que si  $a > 2b$  es posible suponer que la losa trabaja solamente en una dirección (como si la losa estuviera apoyada en los lados de largo  $a$ , o lo que es lo mismo, **como una viga de largo  $b$** ).

¿Qué les parece el método de Marcus? ¿Qué efectos desprecia?

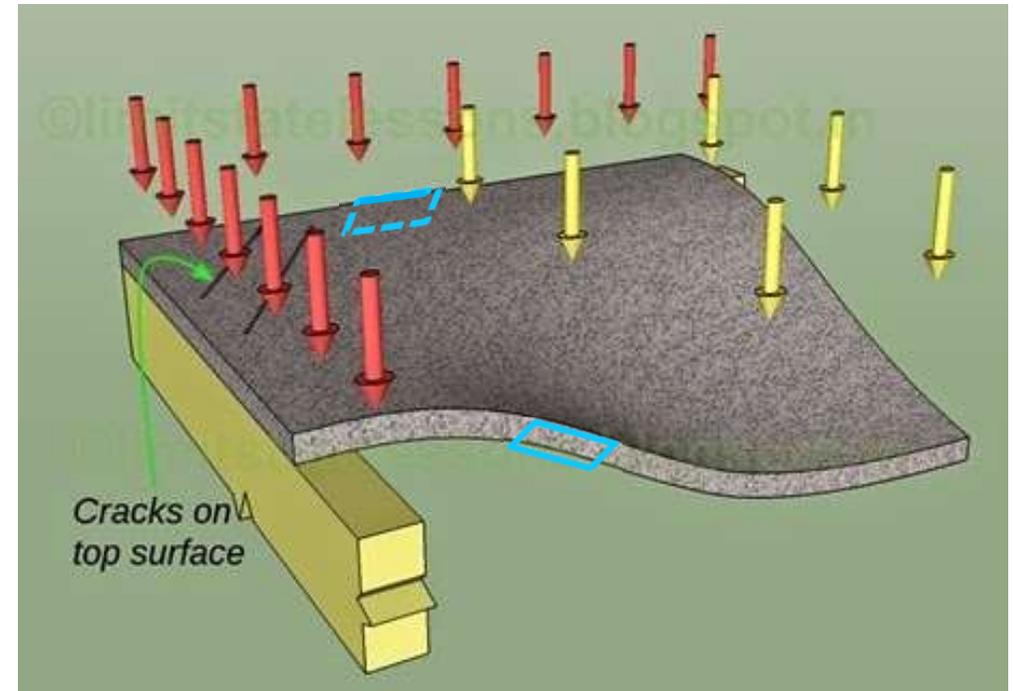
- Miremos un corte de la losa deformada, según Marcus tenemos:



Sitio web interesante:

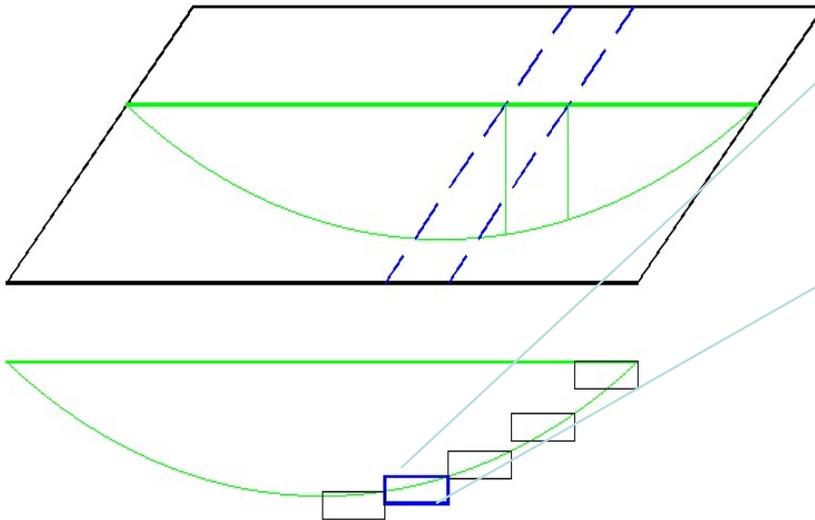
[limitstatelessons.blogspot.com.uy/2015/04/chapter-17-cont4-torsionally-restrained.html](http://limitstatelessons.blogspot.com.uy/2015/04/chapter-17-cont4-torsionally-restrained.html)

- “Torsión entre bandas”

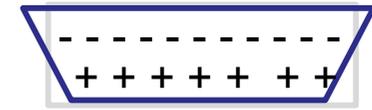


- Las secciones celestes presentan giro relativo no nulo, generando esfuerzos de torsion.
- La rigidez torsional no es despreciable (como Marcus propone)

- **Miremos un corte de la losa deformada, según Marcus tenemos:**



- **Efecto Poisson**



- Se puede pensar como que las bandas contiguas interactúan.
- La flexión en una dirección genera deformaciones en el otra, es decir
- Los desplazamientos ocasionados por la flexión en un dirección se ven restringidos por la rigidez flexional en ambos sentidos.

- **EuroCódigo**

- No especifica cantos mínimos

- **Art.: 55.1 - EHE**

- Losas sobre apoyos lineales

Salvo justificación en contrario, el canto total de la placa, losa o forjado no será inferior a  $l/40$  u 8 cm, siendo  $l$  la luz correspondiente al vano más pequeño.

- **Art.:55.2 - EHE**

- Losas sobre apoyos puntuales

- (HE2)

Salvo justificación especial, en el caso de placas de hormigón armado, el canto total de la placa no será inferior a los valores siguientes:

- Placas macizas de espesor constante,  $L/32$
- Placas aligeradas de espesor constante,  $L/28$

siendo  $L$  la mayor dimensión del recuadro.

- **UNIT - Apartado 51**

- 51.2.1 Altura de la losa

El espesor de la losa debe ser como mínimo:

- 1)
  - a) en general, para losas armadas en una dirección.....7 cm
  - b) en general, para losas armadas en dos direcciones .....8 cm
  - c) en losas de garajes para vehículos de peso (incluyendo carga inferior a 25 kN).... 10 cm
  - d) en losas de garajes para vehículos de peso (incluyendo carga igual o superior a 25 kN).....12 cm
  - e) en losas no transitables.....5 cm
- 2) Los límites de esbeltez de las losas solicitadas a flexión se determinarán de acuerdo a lo establecido en el capítulo 45.

- **Armado de la sección (como viga de ancho unitario)**

- Solicitaciones obtenidas considerando el comportamiento como losa.

- **Cortante**

- Normalmente: armado **sin armaduras transversales de corte** ( ~~$V_{su} = 0$~~ )

- Se verifica únicamente:  ~~$V_{u2} = V_{cu} \geq V_{d2}$~~   $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$

- $V_{Rd,c}$ : valor de cálculo de la resistencia a cortante de un elemento sin armadura de cortante.

- **Verificaciones en servicio:**

- En general, verificar (se verán en *HE2*):

- Fisuración
- Deformaciones
- Vibraciones

- Normalmente, en casos convencionales, estas verificaciones quedan cubiertas con una buena elección de la esbeltez de la losa (utilizaremos este criterio en *HE1*).

## • EuroCódigo 7.4.2:

(1)P Generalmente no es necesario calcular las flechas explícitamente, y se pueden formular a través de reglas simples, como por ejemplo limitando la relación luz/canto, lo que será adecuado para evitar problemas de flecha en circunstancias normales. Es necesario realizar comprobaciones más rigurosas para elementos que se encuentran fuera de estos límites, o en aquellos casos en que son adecuados otros límites de flecha distintos de los implícitos en los métodos simplificados.

(2) En el caso en que vigas o losas de hormigón armado en edificios se dimensionen de manera que se adapten a los límites de la relación entre luz y canto dada en este apartado, se puede considerar que sus flechas no superan los límites establecidos en los puntos (4) y (5) del apartado 7.4.1. El límite de la relación luz/canto se puede estimar usando las ecuaciones (7.16.a) y (7.16.b), y multiplicando éstas por los coeficientes de corrección necesarios para el tipo de armadura usada y otras variables. Para la obtención de dichas ecuaciones no se ha tenido en cuenta ninguna contraflecha.

Tabla 7.4N – Relaciones básicas entre luz/canto para elementos de hormigón armado sin esfuerzo axial de compresión

Sistema estructural	K	Hormigón muy solicitado $\rho = 1,5\%$	Hormigón poco solicitado $\rho = 0,5\%$
Viga simplemente apoyada, losas simplemente apoyadas en una o dos direcciones	1,0	14	20
Vano extremo de una viga continua, forjado unidireccional continuo o forjado bidireccional continuo en una dirección	1,3	18	26
Vano interior de viga o una losa unidireccional o bidireccional	1,5	20	30
Losa apoyada en soportes sin vigas (losa plana) (basada en su luz mayor)	1,2	17	24
Voladizo	0,4	6	8

NOTA 1 Los valores indicados se han seleccionado para quedar, generalmente, del lado de la seguridad; y los cálculos pueden, frecuentemente, mostrar que es posible emplear elementos más esbeltos.

NOTA 2 Para losas bidireccionales, se debería realizar la comprobación considerando el lado de menor luz. Para losas planas, se debería usar el lado de mayor luz.

NOTA 3 Los límites indicados para losas planas corresponden a un límite menos severo que una flecha en centro de vano de luz/250 relativa a los apoyos. La experiencia ha demostrado que esto es satisfactorio.

Las ecuaciones son complejas pero se pueden aproximar con la tabla 7.4N

## • EHE: Art.: 50.2.2.1

En vigas y losas de edificación, no será necesaria la comprobación de flechas cuando la relación luz/canto útil del elemento estudiado sea igual o inferior al valor indicado en la tabla 50.2.2.1.a Para vigas o losas aligeradas con sección en T, en que la relación entre la anchura del ala y del alma sea superior a 3, las esbelteces  $L/d$  deben multiplicarse por 0,8.

**Tabla 50.2.2.1.a**

Relaciones  $L/d$  en vigas y losas de hormigón armado sometidos a flexión simple

Sistema estructural $L/d$	$K$	Elementos fuertemente armados: $\rho = 1,5\%$	Elementos débilmente armados $\rho = 0,5\%$
Viga simplemente apoyada. Losa uni o bidireccional simplemente apoyada	1,00	14	20
Viga continua <sup>1</sup> en un extremo. Losa unidireccional continua <sup>1,2</sup> en un solo lado	1,30	18	26
Viga continua <sup>1</sup> en ambos extremos. Losa unidireccional o bidireccional continua <sup>1,2</sup>	1,50	20	30
Recuadros exteriores y de esquina en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,15	16	23
Recuadros interiores en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,20	17	24
Voladizo	0,40	6	8

<sup>1</sup> Un extremo se considera continuo si el momento correspondiente es igual o superior al 85% del momento de empotramiento perfecto.

<sup>2</sup> En losas unidireccionales, las esbelteces dadas se refieren a la luz menor.

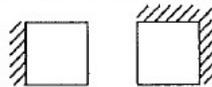
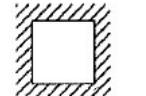
<sup>3</sup> En losas sobre apoyos aislados (pilares), las esbelteces dadas se refieren a la luz mayor.

## • UNIT - 45.1.1

– Idea similar...

...con:

**Tabla 25. Losas. Valores de luz/altura**

Ⓐ Losas armadas en una dirección		Ⓑ Losas armadas en dos direcciones con $\frac{\text{luz mayor}}{\text{luz menor}} \leq 1,3$	
esquema estructural	$\frac{\text{luz}}{\text{altura}}$	esquema estructural	$\frac{\text{luz}}{\text{altura}}$
	12		50
	30		55
	35		
	40		60

- En el módulo anterior vimos el: “Agotamiento por tracción de **piezas con armadura a cortante.**”, que se da típicamente en vigas.
  
  - Veremos ahora el caso de **piezas sin armadura de cortante (sección fisurada).**
- **La norma EuroCódigo 6.2.1:**
    - (3) En las regiones del elemento donde  $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$  no se requiere una armadura de cortante calculada.  $V_{Ed}$  es el valor de cálculo del esfuerzo cortante en la sección analizada que proviene de la carga externa y del pretensado (adherente o no adherente).
  
    - (4) Se debería disponer una armadura de cortante mínima conforme al apartado 9.2.2 aunque no sea necesaria armadura de cortante a partir del valor de cálculo del esfuerzo cortante. La armadura de cortante mínima se puede omitir en elementos tales como losas (macizas, nervadas o alveolares) donde es posible la redistribución transversal de las cargas. La armadura mínima también se puede omitir en elementos de importancia menor (por ejemplo dinteles con luces  $\leq 2$  m) los cuales no contribuyen de manera significativa a la resistencia global y a la estabilidad de la estructura.

## • La norma EuroCódigo 6.2.1:

El valor de cálculo de la resistencia a cortante  $V_{Rd,c}$  se establece mediante:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

Con un mínimo de

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$A_c$  es el área de la sección de hormigón [ $mm^2$ ],

$V_{Rd,c}$  se dispone en  $N$ .

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C.$$

$f_{ck}$  viene dada en  $N/mm^2$

$$v_{min} = \frac{0,035}{k} k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \text{ con } d \text{ en } mm,$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02,$$

$A_{sl}$  es el área de la armadura de tracción que se extiende sobre una longitud  $\geq (l_{bd} + d)$  respecto a la sección considerada (véase la Figura A19.6.3),

$b_w$  es el espesor mínimo de la sección en la zona de tracción [ $mm$ ].

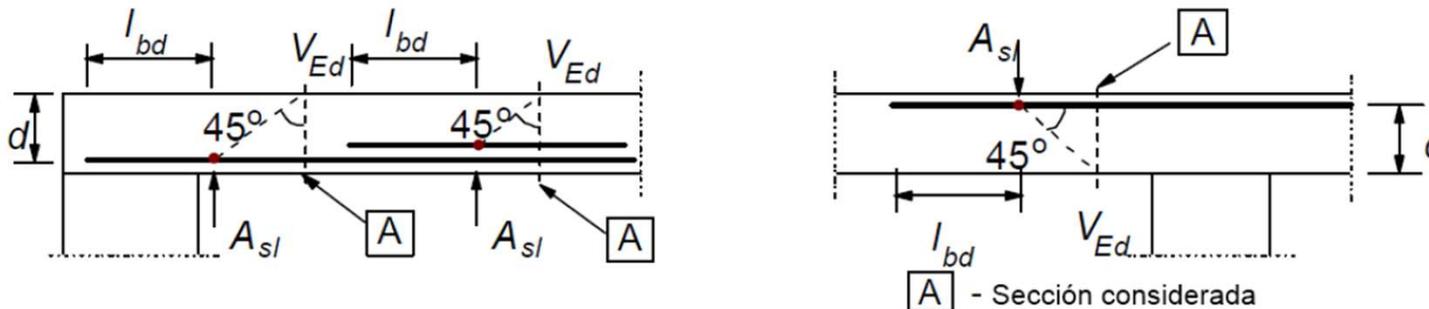


Figura A19.6.3: Definición de  $A_{sl}$  en la expresión (6.2)

# Disp. constructivas: Separación de barras

## • EC 9.3.1.1 (EHE tiene las mismas restricciones; Art.:42.3.1)

(3) La separación entre barras no debe superar  $s_{max,slabs}$ , cuyos limites se establecen a continuación:

$$s_{max,slabs} < 300 \text{ mm,}$$

$s_{max,slabs} <$  tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento ( $3h$ ), alma o alas, en las que vayan situadas.

### 51.2.4.4.2 Armadura principal

#### • **UNIT:**

La separación entre ejes de barras debe ser:

$s \leq 2h$ , con un máximo de 20 cm.

$s$  es la separación entre ejes de barras en cm.

$h$  es el espesor de la losa en cm.

– Criterio constructivo:

- En losas, utilizar una separación mínima de barras de 10 cm
- Cuanto menor la separación, mayor el trabajo de elaboración y colocación de las armaduras.

– Ejemplo de tabla de áreas de acero para losas:

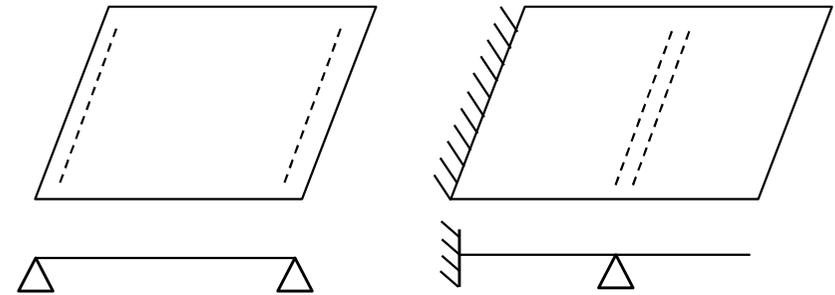
- $A_s/m$  ( $\text{cm}^2/m$ )

$\phi$	A( $\phi$ )	paso (s)										
		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
6	0,28	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
8	0,50	2,5	2,6	2,8	3,0	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0
10	0,79	3,9	4,1	4,4	4,6	4,9	5,2	5,6	6,0	6,5	7,1	7,9
12	1,13	5,7	6,0	6,3	6,7	7,1	7,5	8,1	8,7	9,4	10,3	11,3
16	2,01	10,1	10,6	11,2	11,8	12,6	13,4	14,4	15,5	16,8	18,3	20,1
20	3,14	15,7	16,5	17,5	18,5	19,6	20,9	22,4	24,2	26,2	28,6	31,4
25	4,91	24,5	25,8	27,3	28,9	30,7	32,7	35,1	37,8	40,9	44,6	49,1

# Losas “en una dirección”

- **Por los vínculos:**

- “Apoyadas” tal que solo pueden trabajar en una dirección.
  - (Independientemente de las dimensiones)
- Losas rectangulares con dos lados opuestos libres
- Las cargas viajarán paralelas a las direcciones libres.



- **Por la geometría:**

- Pudiendo trabajar en ambas direcciones, con el lado mayor ( $a$ ) por lo menos 2 veces el lado menor ( $b$ ):  $a > 2b$ .
- La losa trabaja repartiendo casi exclusivamente las cargas en la dirección de la luz corta



- **Art.: 55.1**

(2) En las losas unidireccionales se debe disponer una armadura transversal secundaria no inferior al 20% de la armadura principal. En las zonas cercanas a los apoyos no será necesario disponer de armadura transversal a las barras principales superiores si no existe flexión transversal.