

TALLER 2. ESTRUCTURAS Estructuras de Hormigón. EHE

UNIDAD 2

TIPOS ESTRUCTURALES

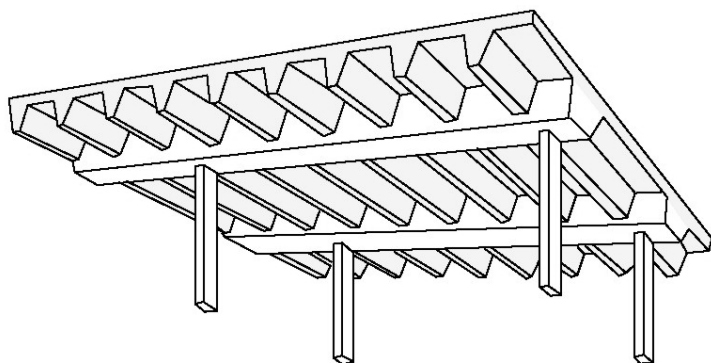
ESTRUCTURAS BIDIRECCIONALES

Enrique Vazquez Vicente
Prof. Asoc. Universidad de Sevilla

1

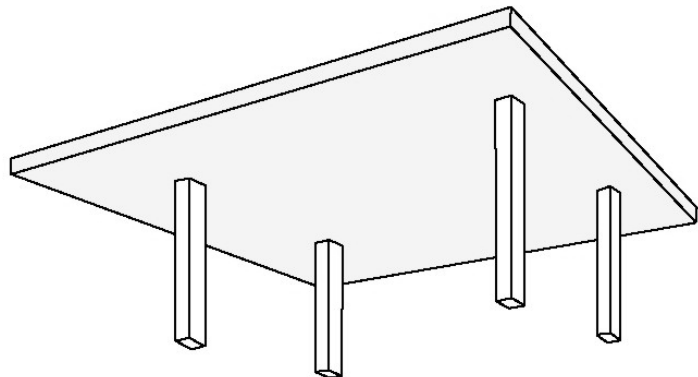
TIPOS DE FORJADOS

- **Nervados**
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada



TIPOS DE FORJADOS

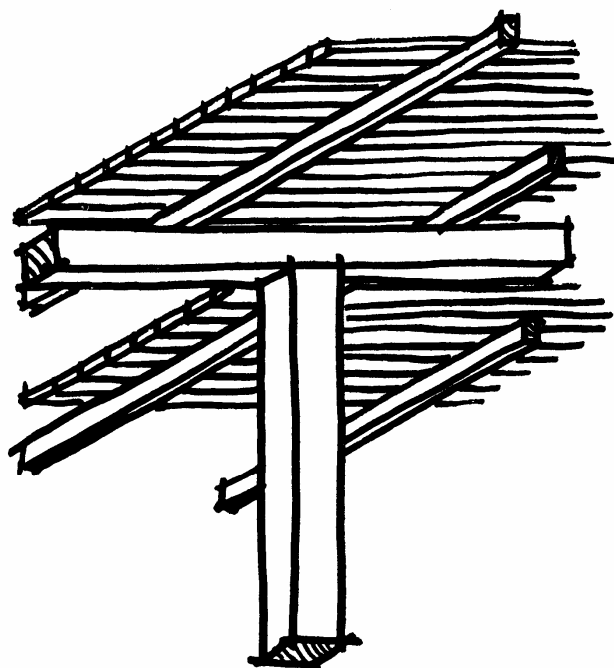
- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada



3

TIPOS DE FORJADOS

- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada

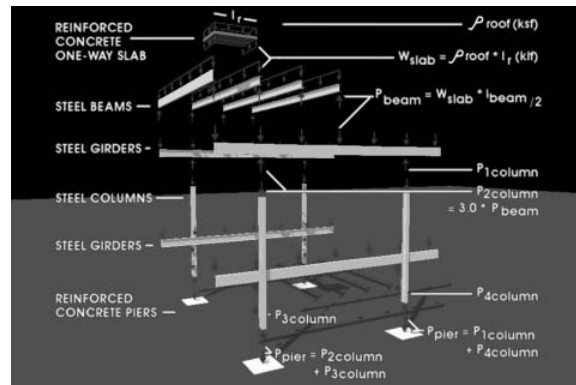
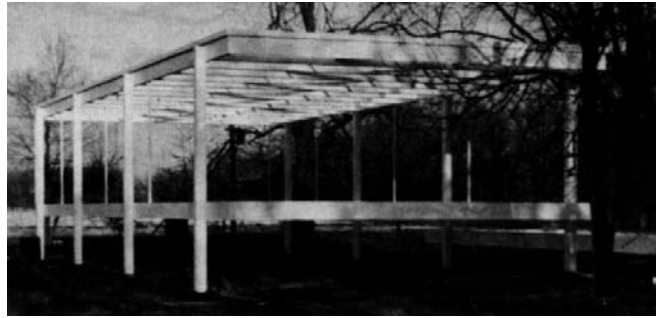


XIII-1

4

TIPOS DE FORJADOS

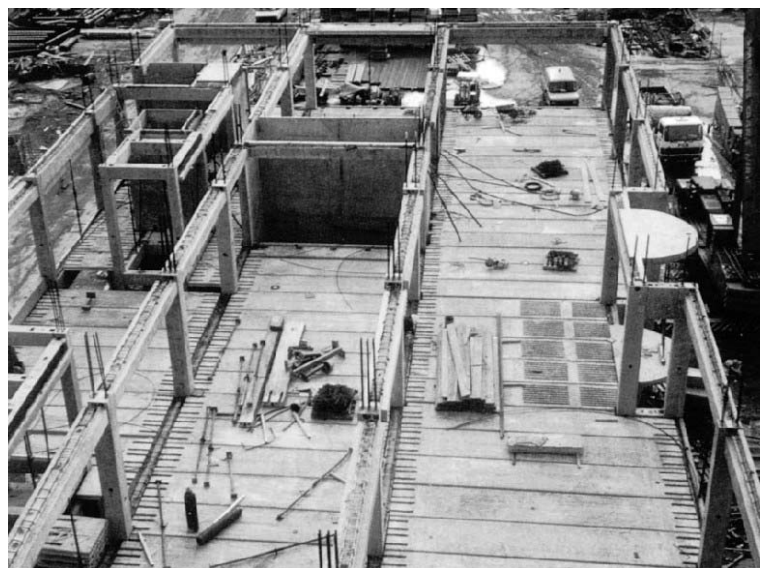
- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada



5

TIPOS DE FORJADOS

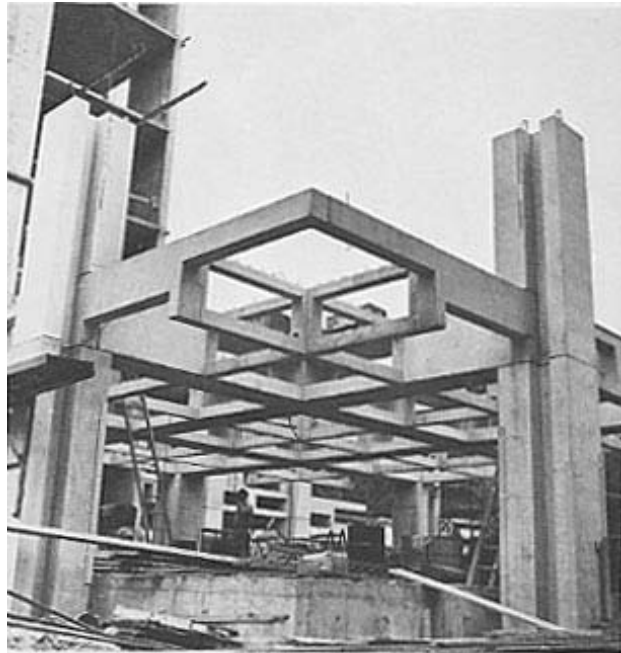
- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada



6

TIPOS DE FORJADOS

- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada



7

TIPOS DE FORJADOS

- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada

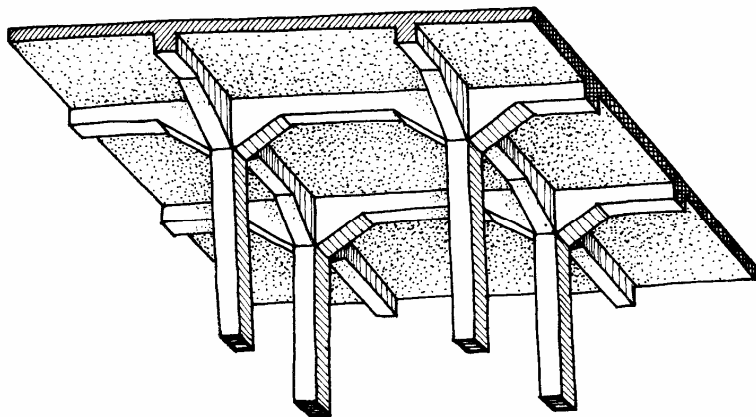
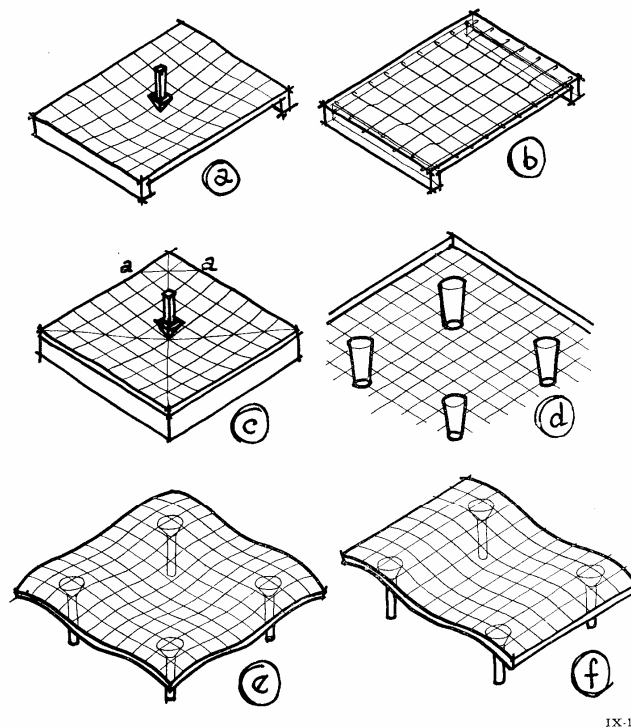


Fig. 8 Losa maciza reforzada en dos direcciones

8

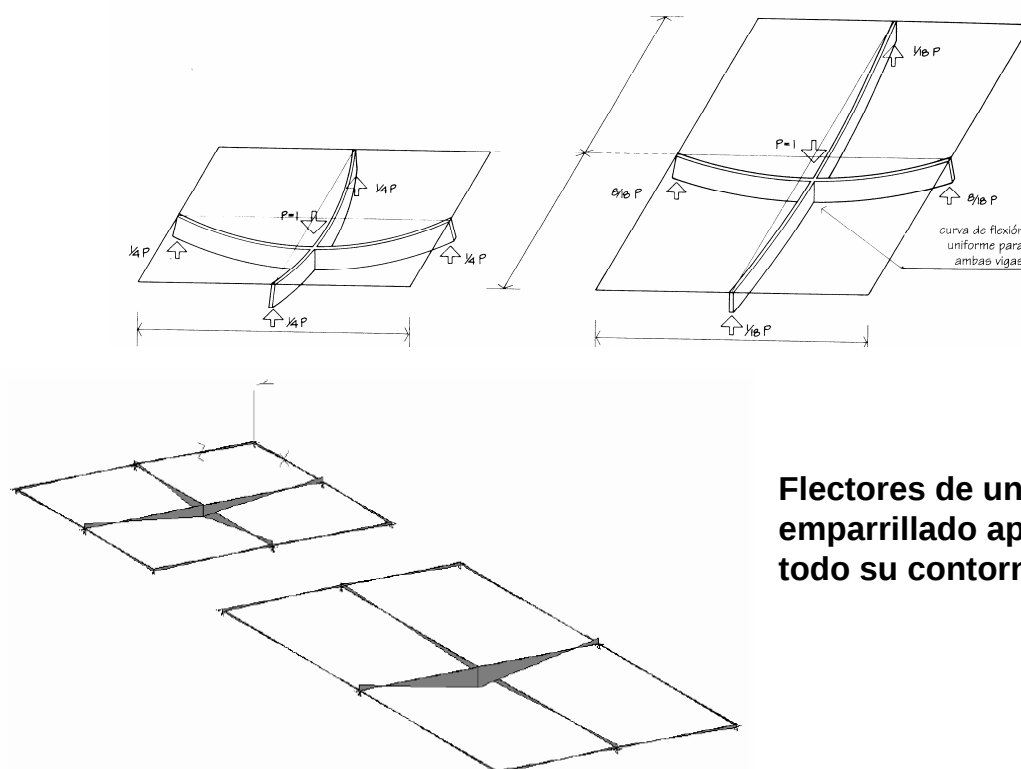
TIPOS DE FORJADOS

- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada



9

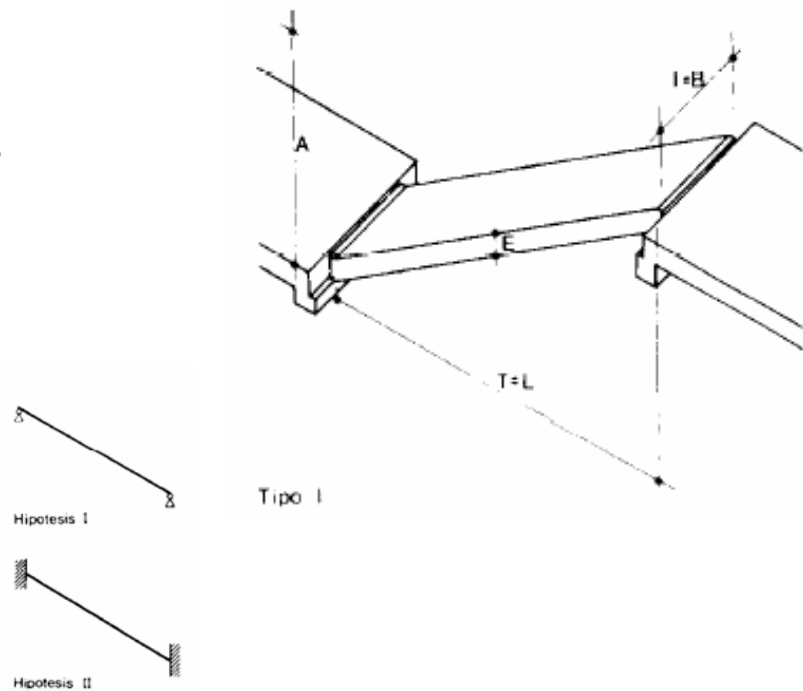
¿Cómo funciona una placa?: funcionamiento 1-D vs 2-D



10

TIPOS DE FORJADOS

- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada

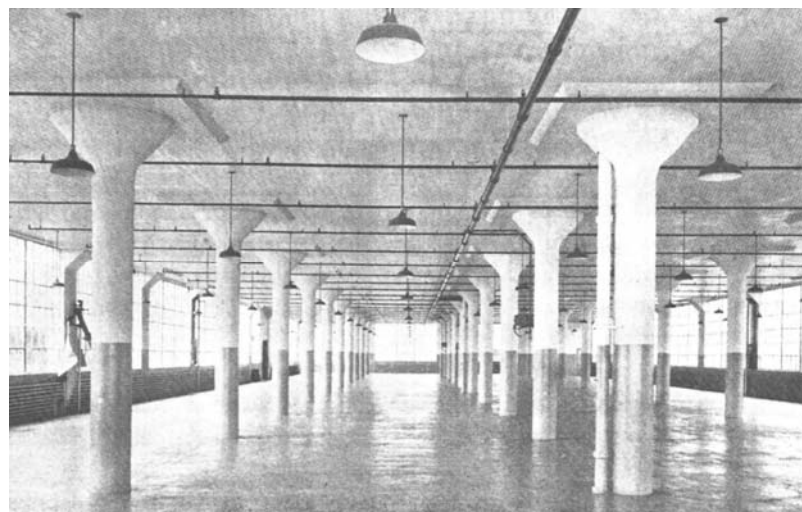


Modelo de cálculo

11

TIPOS DE FORJADOS

- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada



12

TIPOS DE FORJADOS

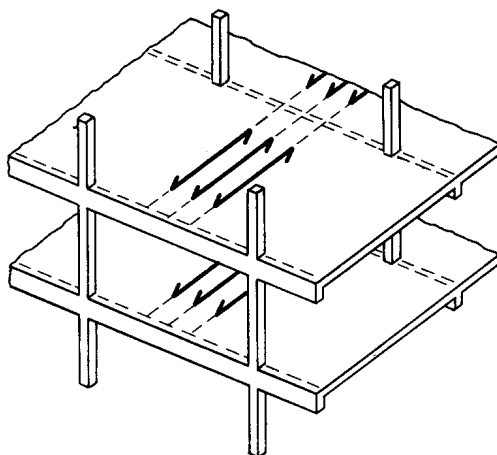
- Nervados
 - Unidireccionales
 - Bidireccionales
- Sin vigas
 - Losa
 - Placa
 - Maciza
 - Aligerada



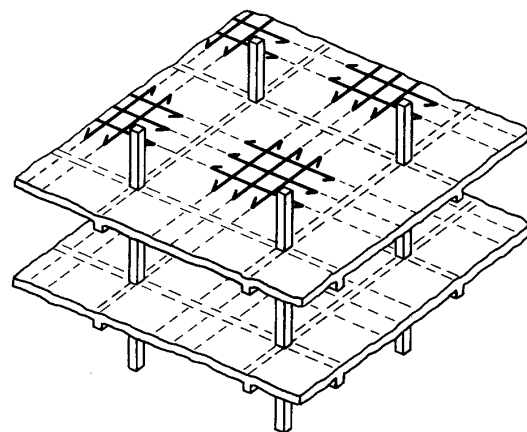
13

TIPOS DE FORJADOS

Unidireccionales



Bidireccionales



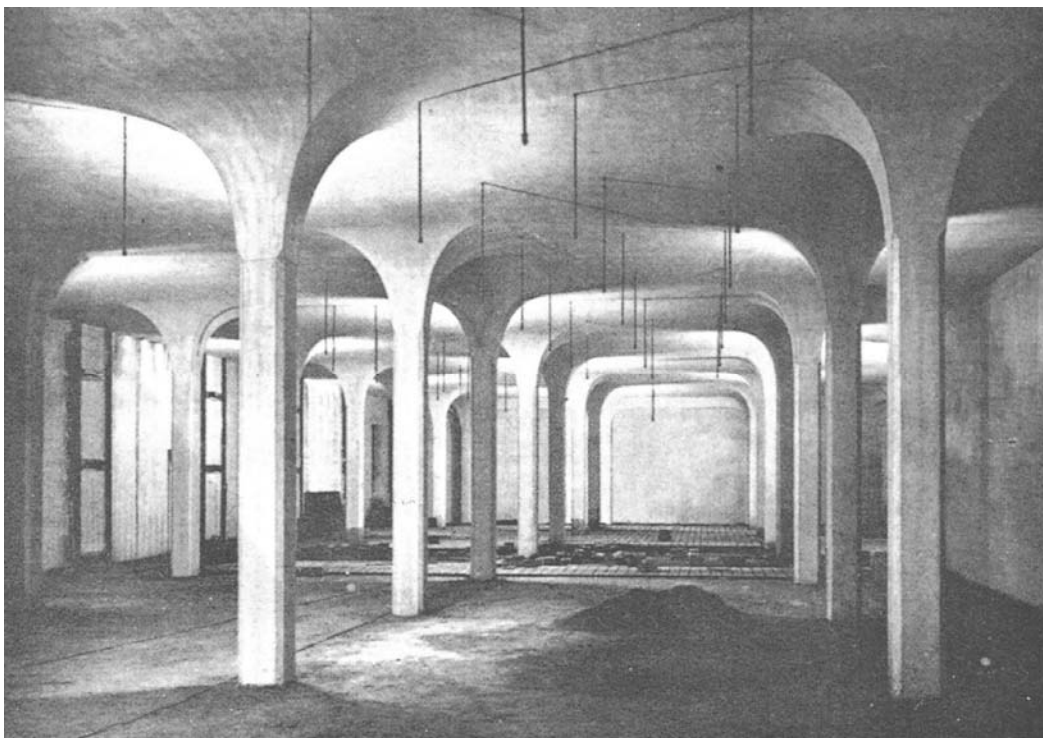
14

Definición

Una placa es una estructura limitada por dos planos paralelos de separación h , siendo h el espesor pequeño frente a las otras dimensiones. Se supone que además las cargas actúan sobre el plano medio de la placa y son normales al mismo.

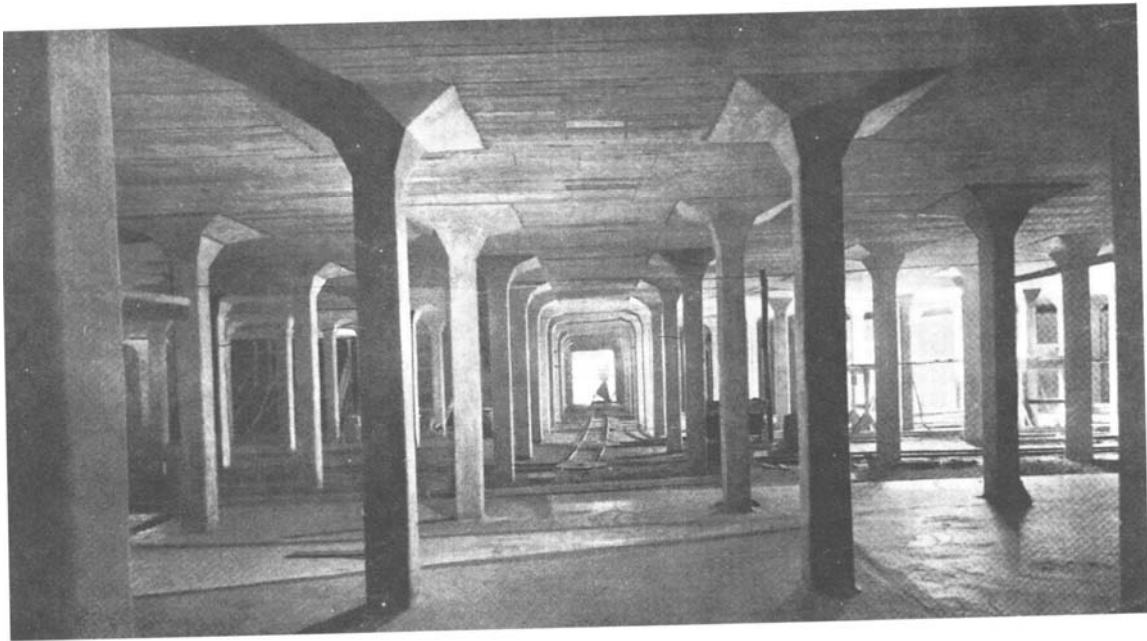
15

Evolución



16

Evolución



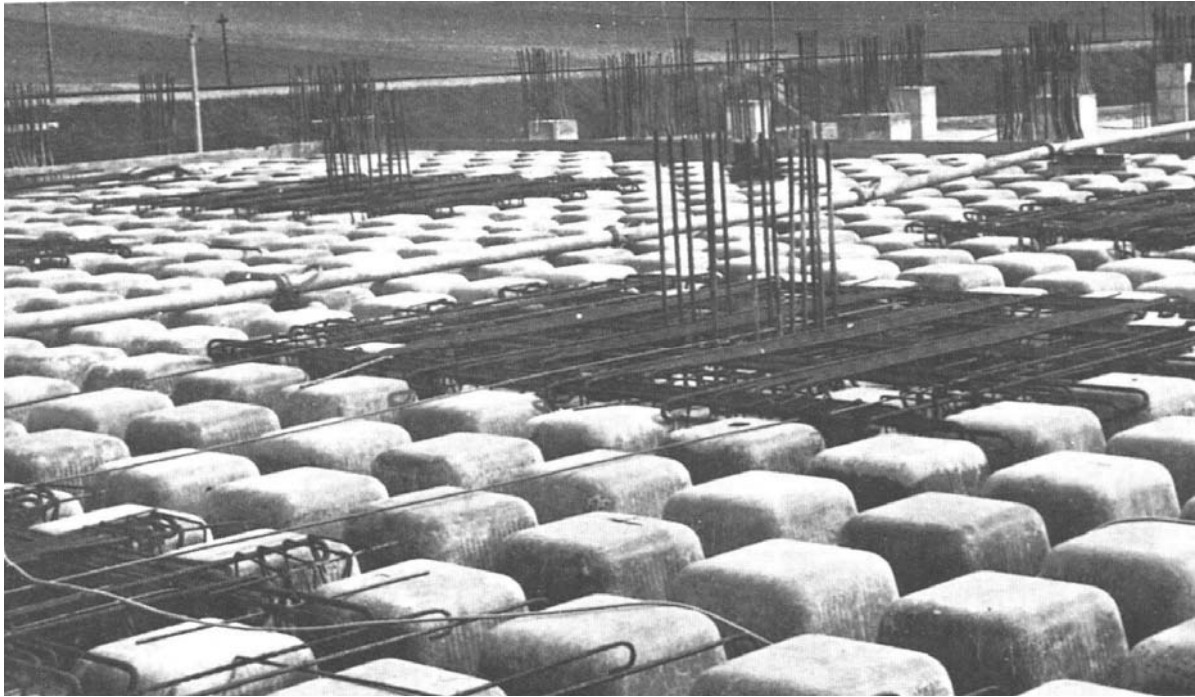
17

Evolución



18

Evolución



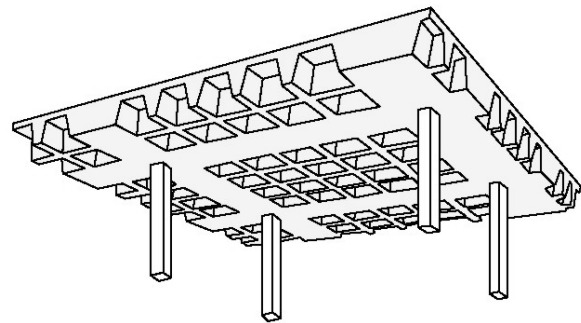
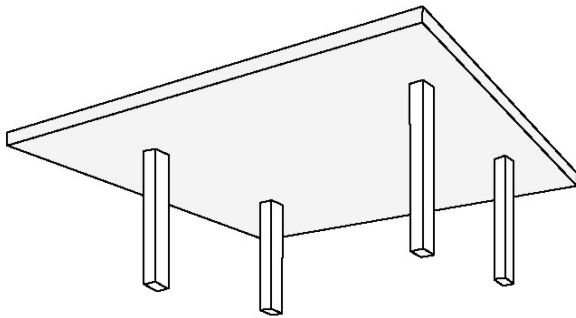
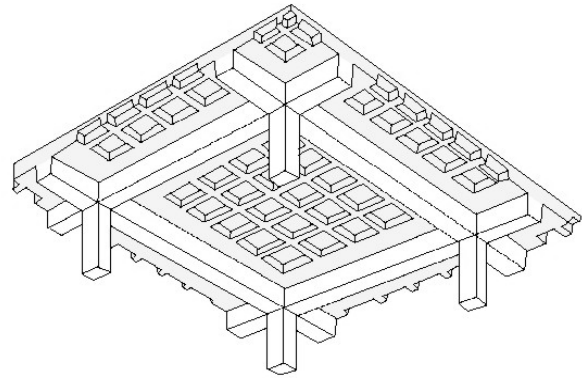
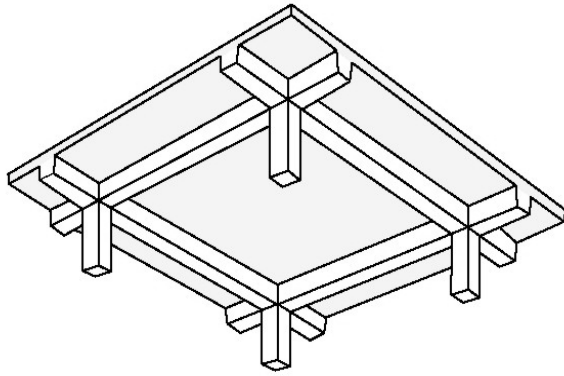
19

Evolución



20

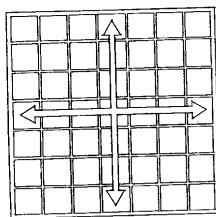
Tipos de Placas



21

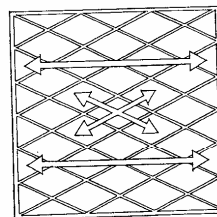
Orientación de nervios

1 Geometrías más usuales de las retículas de vigas



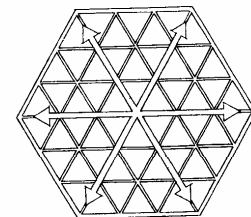
Retícula ortogonal

- transmisión biaxial de la carga
- planta cuadrada o casi cuadrada y con líneas de apoyo en sus cuatro lados



Retícula oblicua

- transmisión uniaxial de la carga
- planta rectangular alargada y con líneas de apoyo en dos lados opuestos



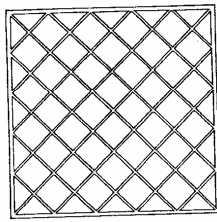
Retícula triangular

- transmisión triaxial de la carga
- planta predominantemente concéntrica y con líneas de apoyo en todos sus lados

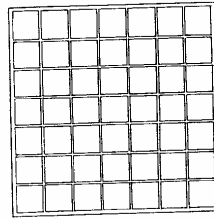
22

Orientación de nervios

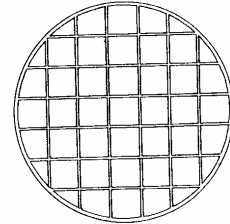
2 Relación de la retícula de vigas con la delimitación lateral del espacio .



Retícula diagonal

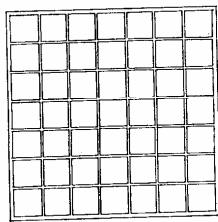


Retícula congruente

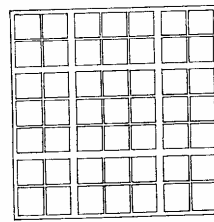


Retícula recortada

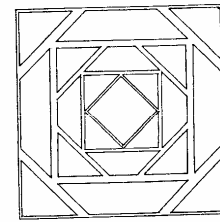
3 Estructura de la retícula de vigas



Retícula homogénea: estructura no diferenciada



Retícula graduada: retícula principal y secundaria

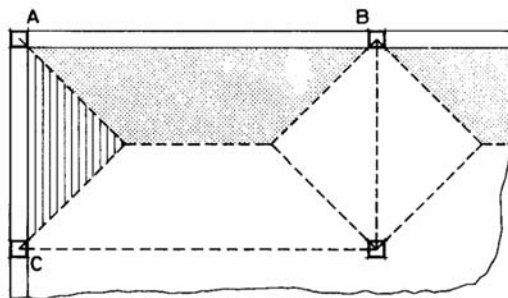


Retícula concéntrica: orden centralizado

23

Métodos de Cálculo

- **Métodos Analíticos:** solución “*exacta*” para geometrías y condiciones de contorno sencillas.
- **Cálculo en rotura**



- **Métodos Aproximados** proporcionados por las normativas

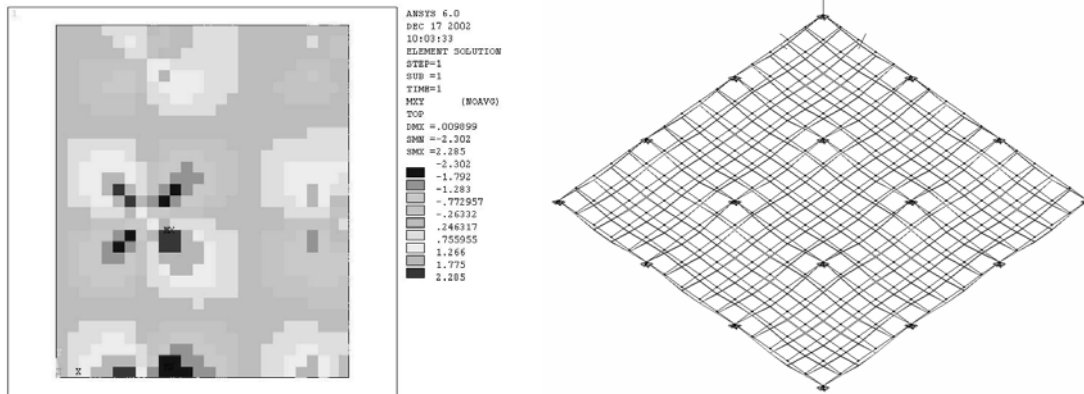
En el caso de la EHE (Art. 22):

- **Método Directo**
- **Método de los Pórticos Virtuales**

24

Métodos de Cálculo (cont.)

- **Métodos Numéricos:**
 - Método de los elementos finitos (con elementos de tipo placa)
 - Asimilación a emparrillado de barras (MEF con elementos de tipo barra o, lo que es lo mismo, cálculo matricial)

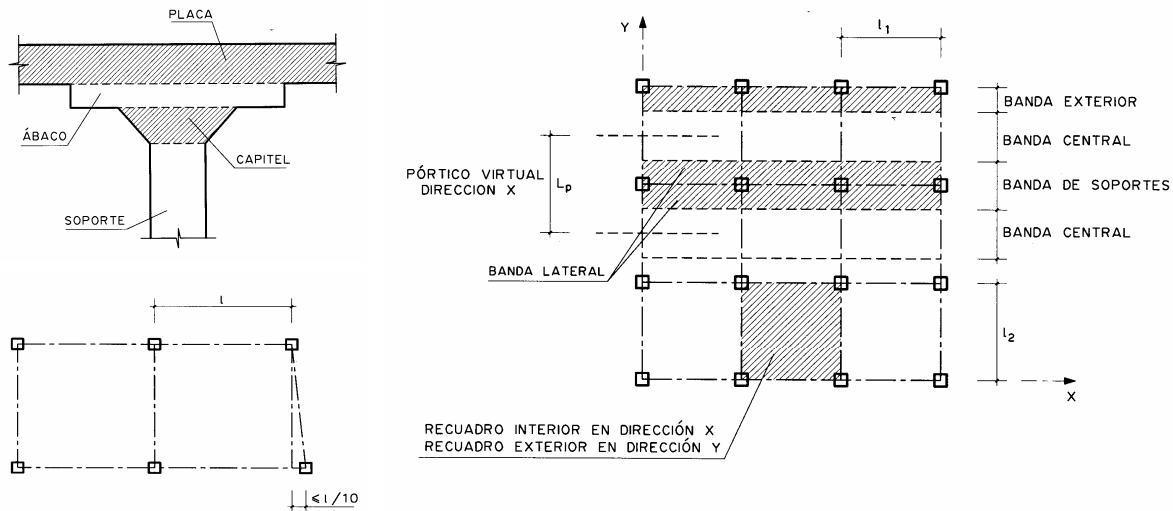


25

26

Art. 22.4 EHE: Métodos simplificados para placas sobre apoyos aislados

Los procedimientos que se exponen en este apartado son aplicables para el cálculo de esfuerzos en Estados Límite Últimos de las estructuras constituidas por placas macizas o aligeradas de hormigón armado con nervios en dos direcciones perpendiculares, que no poseen, en general, vigas para transmitir las cargas a los apoyos y descansan directamente sobre soportes de hormigón armado con o sin capitel.



27

22.4.3 Método directo

Para cargas verticales, estas placas pueden analizarse estudiando, en cada dirección, los pórticos virtuales que resulten siempre que se cumplan las limitaciones:

- La malla definida en planta por los soportes, será sensiblemente ortogonal.
- La relación entre el lado mayor y menor del recuadro no debe ser mayor que 2.
- La diferencia entre luces de vanos consecutivos no debe ser mayor que un tercio de la luz del vano mayor.
- La sobrecarga debe ser uniformemente distribuida y no mayor que 2 veces la carga permanente.
- Deberán existir tres vanos como mínimo en cada dirección.

Los momentos de las secciones críticas en apoyos y vanos se definen como un porcentaje del momento M_0

$$M_0 = \frac{(g_d + q_d) l_p l_1^2}{8}$$

- g_d Carga permanente de cálculo
 q_d Sobrecarga de cálculo aplicada en el recuadro estudiado
 l_1 Distancia entre ejes de soportes en la dirección en la que se calculan los momentos
 l_p Anchura del pórtico virtual analizado.

	Caso A	Caso B	Caso C
Momento negativo en apoyo exterior	30%	0%	65%
Momento positivo en vano	52%	63%	35%
Momento negativo en apoyo interior	70%	75%	65%

Caso A: Placa elásticamente empotrada en los soportes de borde.
 Caso B: Placa apoyada en el borde.
 Caso C: Placa perfectamente empotrada en ambos bordes, o con continuidad en ambos apoyos (vano intermedio).

28

22.4.4 Método de los pórticos virtuales

Para cargas verticales y horizontales, estas placas pueden analizarse estudiando, en cada dirección, los pórticos virtuales que resulten. La hipótesis fundamental de este método reside en la no interacción entre pórticos virtuales. Por ello, en las situaciones en que tal interacción pueda ser significativa, no deberá utilizarse. La interacción entre pórticos puede aparecer en las siguientes situaciones:

- asimetrías notables en planta o en alzado (de geometría y rigidez).
- existencia de brochales.
- estructuras sensiblemente traslacionales.
- existencia de elementos de rigidización transversal (pantallas, núcleos).
- acciones no gravitatorias en estructuras no uniformes.
- fuerte descompensación de cargas o de luces.

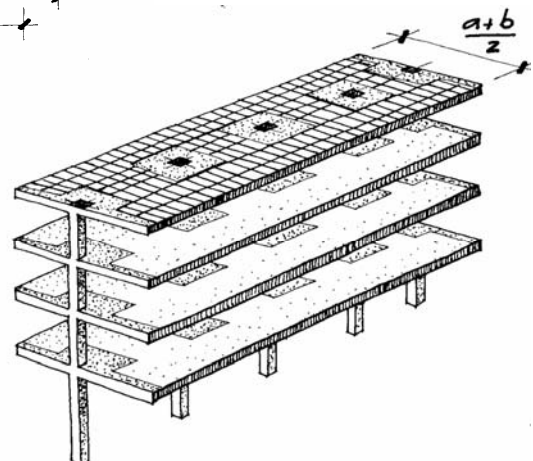
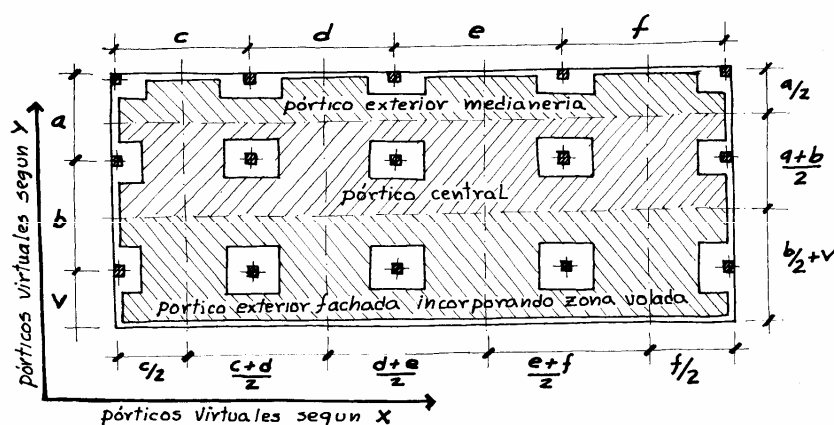
22.4.4.2 Características de rigidez de las vigas y soportes del pórtico virtual

Obliga a un cálculo, con unas determinadas propiedades que fija EHE, para cargas verticales y otro, con diferentes propiedades, para cargas horizontales.

29

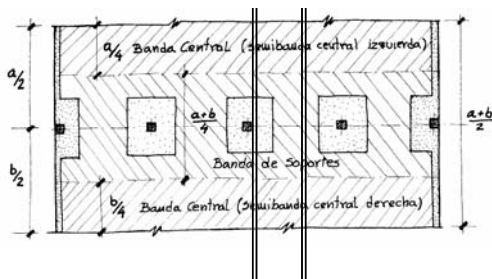
Método de los pórticos virtuales (cont.)

Definición de los Pórticos Virtuales



Método de los pórticos virtuales (cont.)

Bandas centrales (zonas flexibles) y de soportes (zonas rígidas)



Momentos (+)

Momentos positivos	En ambos casos
Banda de soportes	60%
Banda central	40%

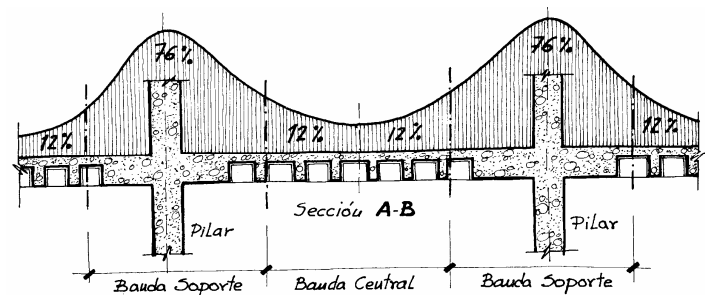
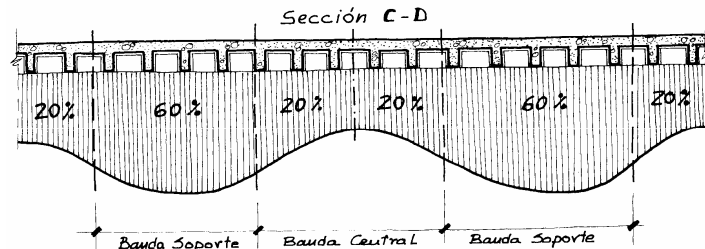
22.4.5 Criterios de distribución de momentos en la placa

Momentos (-)

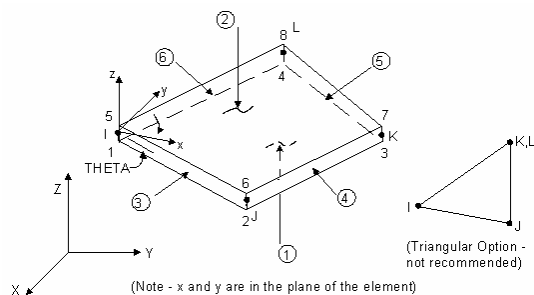
Momentos negativos	En soporte interior	En soporte exterior
Banda de soportes	75%	100%
Banda central	25%	20%

22.4.6 Criterios de distribución de momentos entre la placa y los soportes

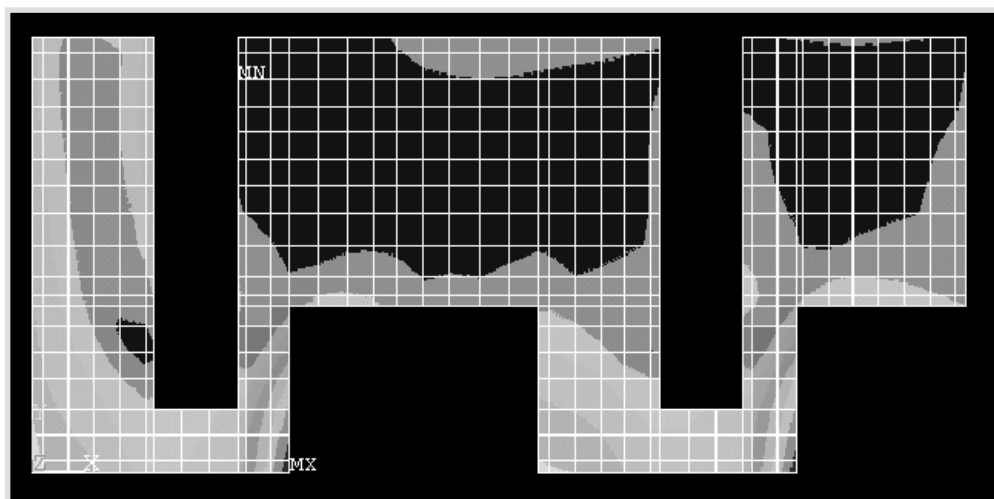
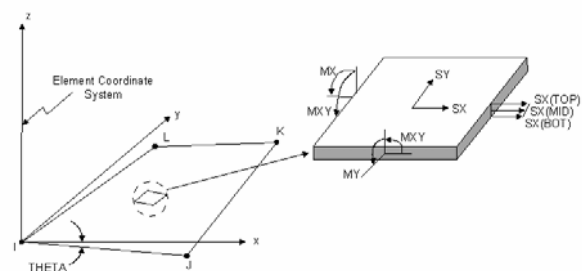
(estimación de torsores en zunchos de borde, trazado de huecos, estimación de flechas...)



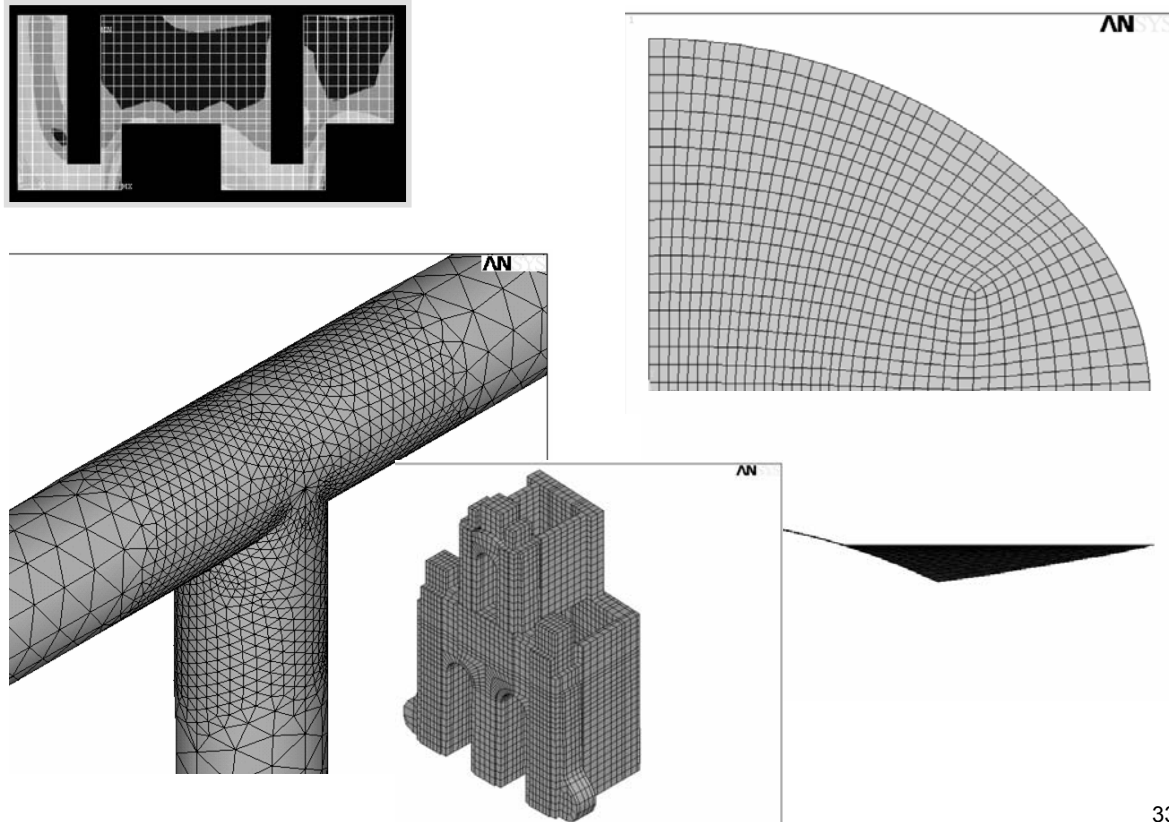
Método de los elementos finitos (con elementos de tipo placa)



SHELL43 Stress Output



1. Definición del modelo de elementos finitos (geometría y mallado)



33

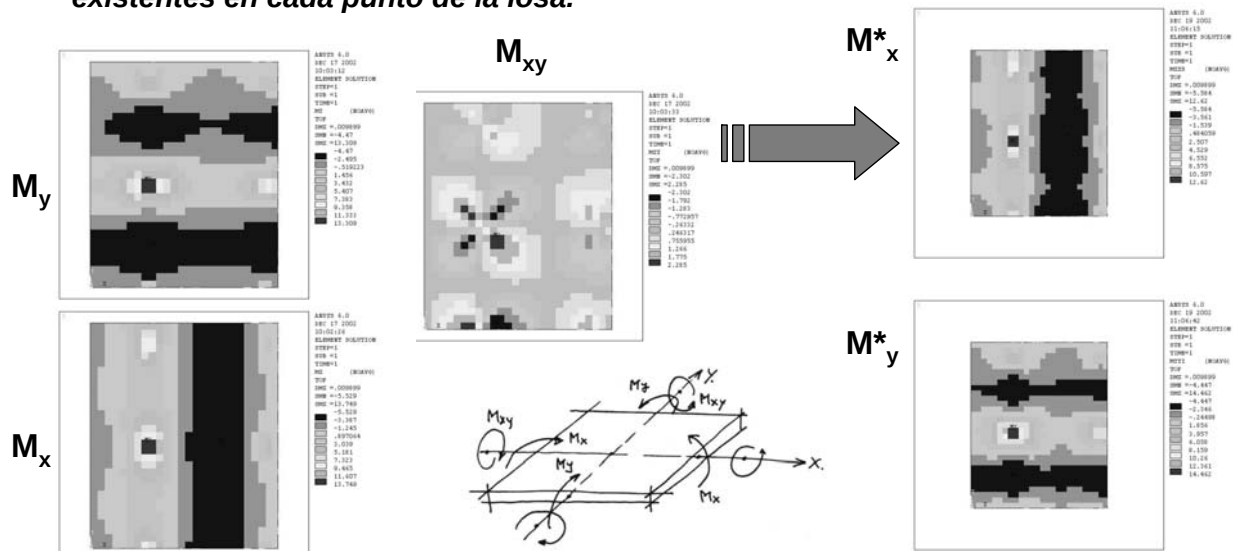
2. Definición de las condiciones de contorno: cargas y condiciones de apoyo

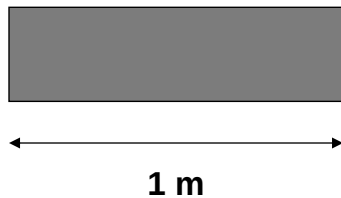
3. Resolución

4. Interpretación de resultados

EHE Artículo 56° Placas o losas

Se comprobará el Estado Límite Último de Agotamiento por tensiones normales de acuerdo con el Artículo 42°, considerando un esfuerzo de flexión equivalente que tenga en cuenta el efecto producido por los momentos flectores y torsores existentes en cada punto de la losa.





Mallazo base + refuerzos

Consideraciones EHE:

Comentarios

El objeto del Artículo es servir de recordatorio de las distintas comprobaciones que deben realizarse en el caso de placas o losas sobre apoyos aislados. Evidentemente, todos los artículos de la presente Instrucción son aplicables, directa o indirectamente, a todos los tipos de piezas; pero se han destacado aquí los más íntimamente relacionados con esta tipología.

En placas o losas sustentadas sobre apoyos aislados se pueden seguir las siguientes disposiciones constructivas:

a) Placas macizas de canto constante.

La separación entre armaduras principales no será superior a 25 cm, ni dos veces el espesor de la losa, debiendo ser su diámetro no superior a la décima parte del espesor de la placa.

Las armaduras superior e inferior correspondientes a la dirección menos solicitada, en cada recuadro, tendrán una sección de, al menos, el veinticinco por ciento de las armaduras análogas de la dirección principal.

En los bordes de las placas se dispondrá, además de la armadura resultante del cálculo de la placa, la correspondiente a las solicitaciones puntuales que, eventualmente, haya que considerar.

Las armaduras se distribuirán de la siguiente manera en cada dirección:

- En bandas centrales: uniformemente.
- En bandas de soporte:
 - Las correspondientes a momentos flectores positivos, uniformemente.
 - Las correspondientes a momentos flectores negativos, teniendo en cuenta lo indicado en 22.4.6.

b) Placas aligeradas.

La distribución de las armaduras entre los nervios y ábacos de los recuadros se realizará conforme a lo señalado para las losas macizas, siéndoles igualmente de aplicación las limitaciones establecidas para el diámetro máximo de las armaduras y cuantía en la dirección menos solicitada.

No obstante lo establecido en el Artículo 44.º, en los nervios de borde de las placas aligeradas se dispondrán cercos con una separación entre ellos no mayor de $0,5d$, capaces de absorber las tensiones y esfuerzos cortantes que se produzcan.

c) Tanto para placas macizas como aligeradas, las armaduras inferiores de las bandas de soportes, en cada dirección, deberán ser continuas o estar solapadas. Como mínimo dos de estas barras pasarán por el interior del pilar interior y estarán ancladas en los pilares exteriores.

d) Tanto para placas macizas como aligeradas, no arriostradas frente a desplazamiento, las longitudes de las armaduras serán determinadas por cálculo, pero no serán inferiores a lo indicado en la figura 56.2.

Método de Armer y Wood para dimensionamiento de placas en flexión y torsión:

Momentos de cálculo para la armadura inferior:

$$\alpha=0$$

$$M_x^* = M_x - 2M_{xy}\tan\alpha + M_y\tan^2\alpha + \frac{|M_{xy} - M_y\tan\alpha|}{\cos\alpha} \Rightarrow M_x^* = M_x + |M_{xy}|$$

$$M_y^* = \frac{M_y}{\cos^2\alpha} + \frac{|M_{xy} - M_y\tan\alpha|}{\cos\alpha} \Rightarrow M_y^* = M_y + |M_{xy}|$$

En el caso de que alguno de los valores sea negativo, las expresiones anteriores quedan:

1. Para $M_x^* < 0$

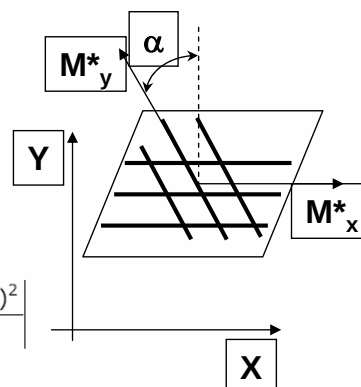
$$M_x^* = 0$$

$$M_y^* = \frac{1}{\cos^2\alpha} \left(M_y + \frac{(M_{xy} - M_y\tan\alpha)^2}{|M_x - 2M_{xy}\tan\alpha + M_y\tan^2\alpha|} \right) \Rightarrow M_y^* = M_y + |M_{xy}|^2/M_x$$

2. Para $M_y^* < 0$

$$M_x^* = M_x - 2M_{xy}\tan\alpha + M_y\tan^2\alpha + \frac{(M_{xy} - M_y\tan\alpha)^2}{M_y}$$

$$M_y^* = 0 \Rightarrow M_x^* = M_x + |M_{xy}|^2/M_y$$



Armer y Wood

Momentos de cálculo para la armadura superior:

$$M_x^* = M_x - 2M_{xy}\tan\alpha + M_{ytg}^2\alpha - \left| \frac{M_{xy} - M_{ytg}\alpha}{\cos\alpha} \right|$$

$$M_y^* = \frac{M_y}{\cos^2\alpha} - \left| \frac{M_{xy} - M_{ytg}\alpha}{\cos\alpha} \right|$$

En el caso de que alguno de los valores sea positivo, las expresiones anteriores quedan:

1. Para $M_x^* > 0$

$$M_x^* = 0$$

$$M_y^* = \frac{1}{\cos^2\alpha} \left(M_y - \left| \frac{(M_{xy} - M_{ytg}\alpha)^2}{M_x - 2M_{xy}\tan\alpha + M_{ytg}^2\alpha} \right| \right)$$

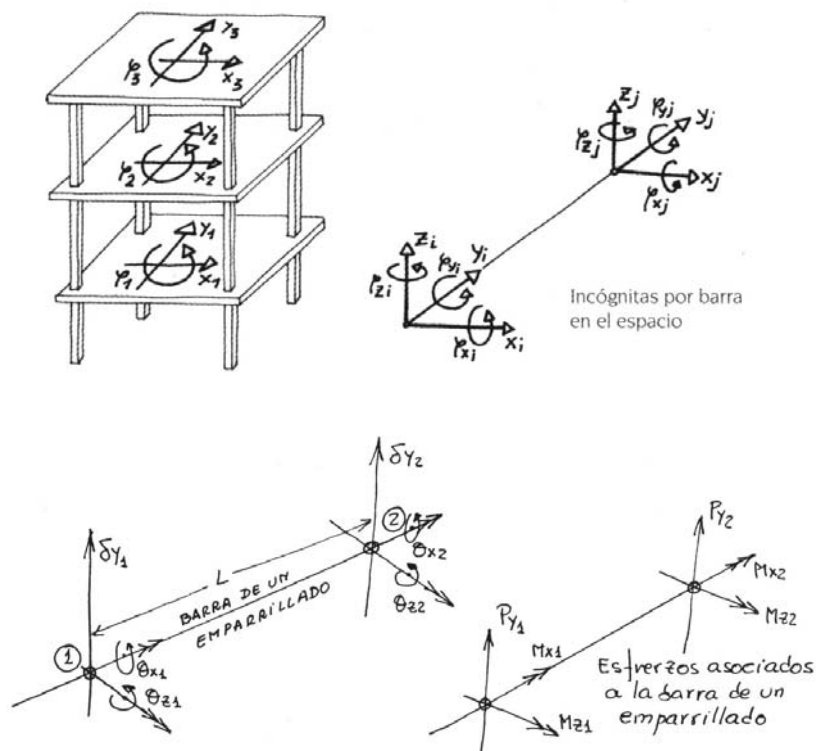
2. Para $M_y^* > 0$

$$M_x^* = M_x - 2M_{xy}\tan\alpha + M_{ytg}^2\alpha - \left| \frac{(M_{xy} - M_{ytg}\alpha)^2}{M_y} \right|$$

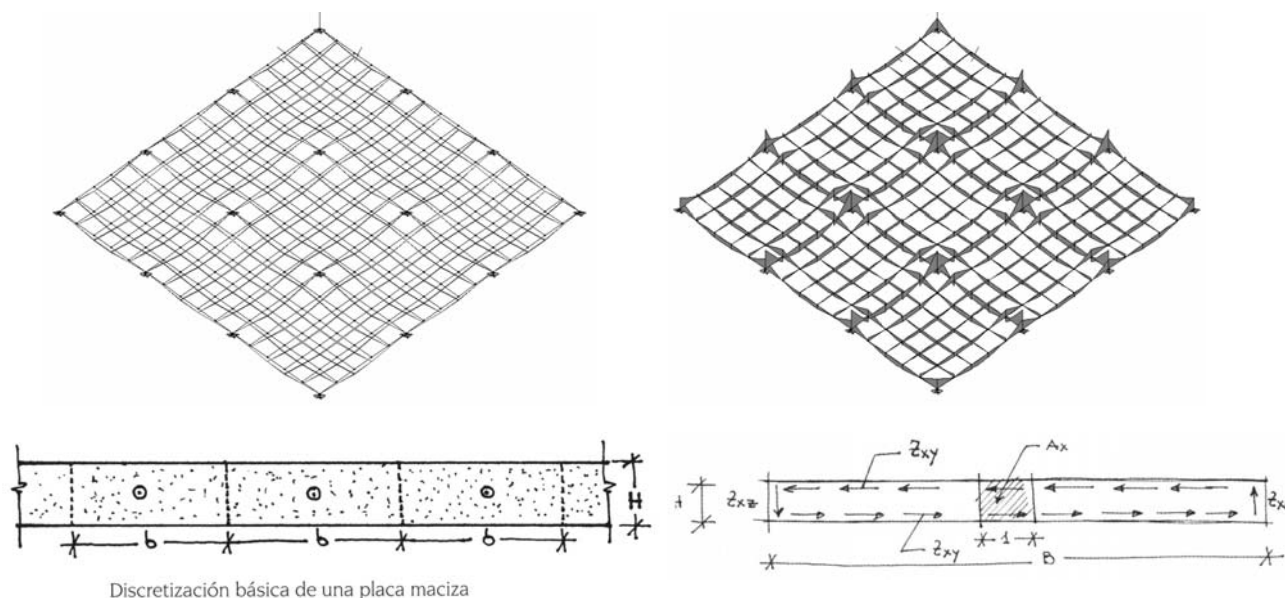
$$M_y^* = 0$$

37

Asimilación a emparrillado

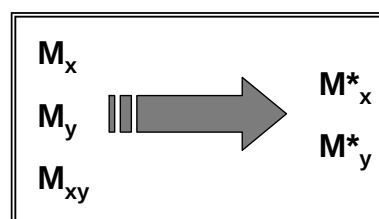


38



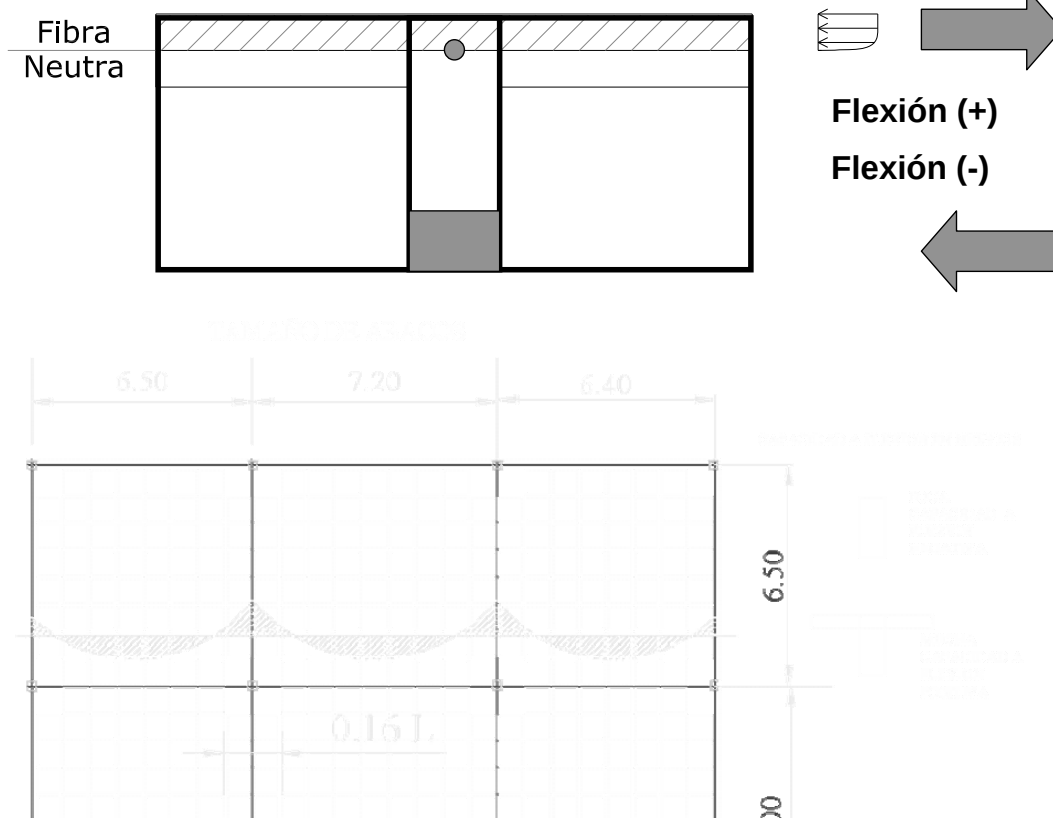
Inercia de Flexión: $E \cdot \frac{b \cdot H^3}{12}$

Inercia de Torsión: $G \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot b \cdot H^3 \right) \quad (b > H)$



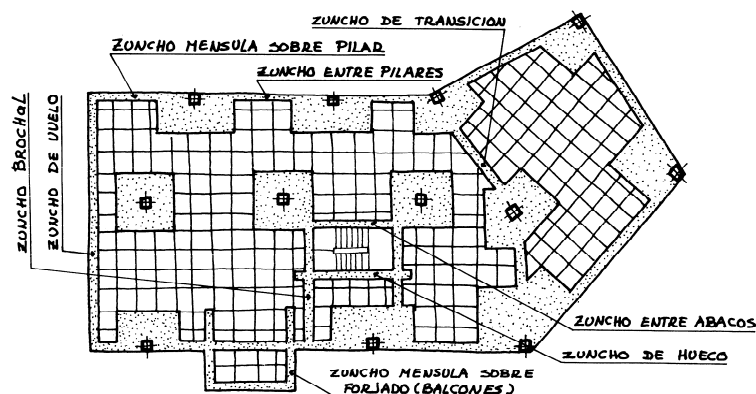
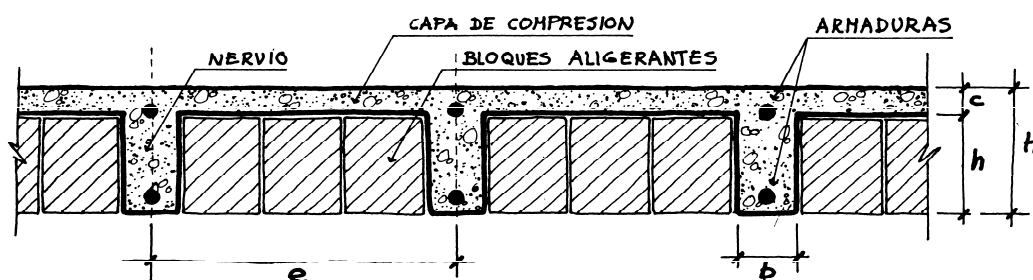
39

Forjados Reticulares: ¿podemos aligerar la placa?



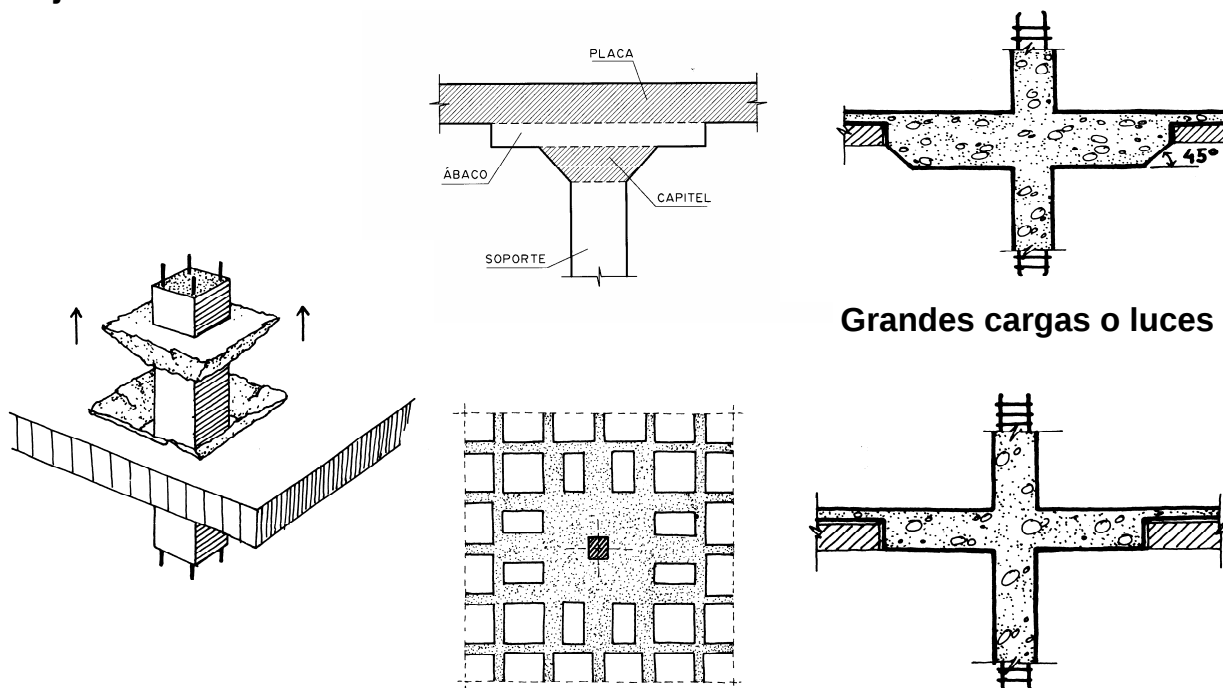
40

Forjados Reticulares



41

Forjados Reticulares



Grandes cargas o luces

Comprobaciones ELU:

- Torsión en zunchos de borde
- Punzonamiento de pilares en ábacos
- Cortante en nervios...

Comprobaciones ELS:

- Flechas
- Fisuración

42

Art. 56.2 EHE: Placas o losas sobre apoyos aislados

Este Artículo se refiere a las estructuras constituidas por placas macizas o aligeradas con nervios en dos direcciones perpendiculares, de hormigón armado, que no poseen, en general, vigas para transmitir las cargas a los apoyos y descansan directamente sobre soportes con o sin capitel.

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.

La separación entre ejes de nervios no superará los 100 cm y el espesor de la capa superior no será inferior a 5 cm y deberá disponerse en la misma una armadura de reparto en malla.

Para el análisis estructural deben seguirse las indicaciones del Artículo 22°.

Para la comprobación de los distintos Estados Límite se estudiarán las diferentes combinaciones de acciones ponderadas, de acuerdo con los criterios expuestos en el Artículo 13°.

Se comprobará el Estado Límite Último de Agotamiento frente a tensiones normales de acuerdo con el Artículo 42°, considerando un esfuerzo de flexión equivalente que tenga en cuenta el efecto producido por los momentos flectores y torsores existentes en cada punto de la losa.

Se comprobará el Estado Límite de Agotamiento frente a cortante de acuerdo con las indicaciones del Artículo 44°. En particular, deberán ser comprobados los nervios en su entrega al ábaco y los elementos de borde, vigas o zunchos.

Se comprobará el Estado Límite de Agotamiento por torsión en vigas y zunchos de borde de acuerdo con las indicaciones del Artículo 45°.

Se comprobará el Estado Límite de Punzonamiento de acuerdo con las indicaciones del Artículo 46°.

Asimismo, siempre que sea necesario, se comprobarán los Estados Límite de Fisuración, Deformación y Vibraciones, de acuerdo con los Artículos 49°, 50° y 51°, respectivamente.

La disposición de armaduras se ajustará a lo prescrito en el Artículo 66°, para armaduras pasivas.

Predimensionado del canto

Placas macizas:

$$h \geq 12 \text{ cm}$$

$$h \geq a / 32$$

(Podría bajarse si hay ábacos)

Placas aligeradas:

$$h \geq 15 \text{ cm}$$

$$h \geq a / 28 \text{ (EHE)}$$

$$h \geq a / 25 \text{ (Montoya)}$$

$$a / 20 \geq h \geq a / 25 \text{ (Recomendable)}$$

Comprobar punzonamiento

45

Forjados Reticulares: predimensionado

Canto del forjado

$$H \geq 15 \text{ cm}$$

$$H \geq L / 28 \text{ (EHE)}$$

$$H \geq L / 25 \text{ (Montoya)}$$

$$L / 20 \geq H \geq L / 25 \text{ (Recomendable)}$$

Tabla 50.2.2.1: Relaciones L/d en elementos estructurales de hormigón armado sometidos a flexión simple

SISTEMA ESTRUCTURAL	Elementos fuertemente armados ($\rho = A_s / b_0 d = 0,012$)	Elementos débilmente armados ($\rho = A_s / b_0 d = 0,004$)
Viga simplemente apoyada. Losa uni o bidireccional simplemente apoyada	14	20
Viga continua ¹ en un extremo. Losa unidireccional continua ^{1,2} en un solo lado	18	24
Viga continua ¹ en ambos extremos. Losa unidireccional continua ^{1,2}	20	30
Recuadros exteriores y de esquina en losa sobre apoyos aislados ³	16	22
Recuadros interiores en losa sobre apoyos aislados ³	17	25
Voladizo	6	9

Limitaciones de flecha

(punzonamiento: tanteo para cargas elevadas)

e.g. para luces de 8 m: $H \sim 30+5 \text{ cm}$

46

Dimensiones mínimas de soportes:

$$a_0 \geq 25$$

$$a_0 \geq h_0 + h_a$$

$$a_0 \geq a / 20$$

h_0 : espesor de la placa

h_a : resalto de la placa

a : la mayor de las luces de los vanos adyacentes en la dirección de a_0

Dimensiones mínimas de nervios

$$b_1 \geq 7$$

$$b_1 \geq b_x / 7$$

$$b_1 \geq h' / 4$$

b_x : mayor dimensión del aligeramiento

h' : altura del aligeramiento

Predimensionado de intereje

$$S \leq 100 \text{ cm}$$

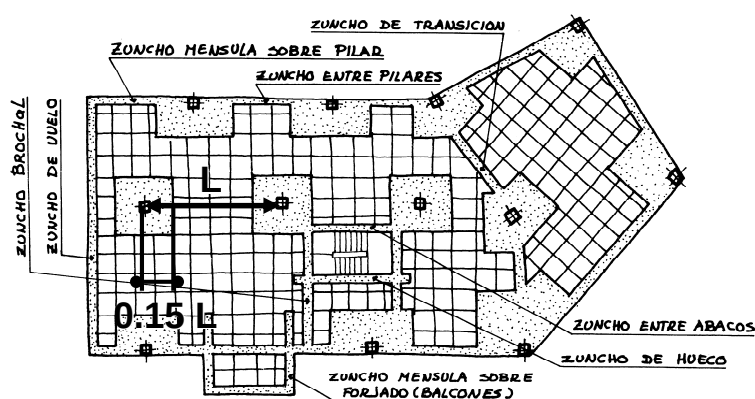
Usualmente 60 a 80 cm

Depende del aligeramiento

Perdido	Recuperable
60+10	Según fabricante
60+12	
60+15	
70+10	
70+12	
70+15	

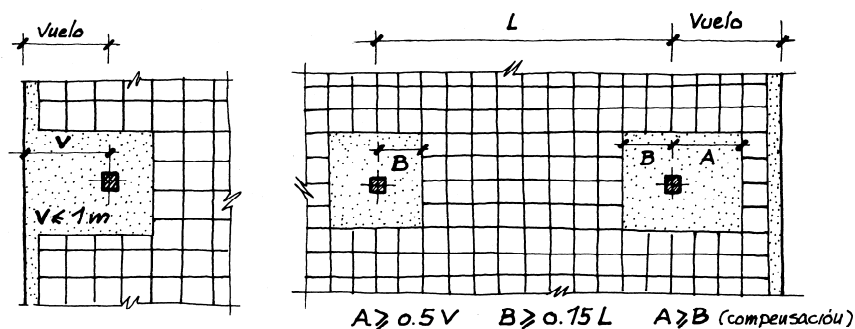
49

Predimensionado de ábacos



• Replanteo

(Armado de negativos)
(Punzonamiento)



50

Predimensionado de capa de compresión

$$e \geq 5 \text{ cm}$$

$$e > b_x / 10$$

b_x : dimensión del aligeramiento en el contacto con la capa de compresión.

Mallazo: Ø6 a 15 cm (2‰)

51

Predimensionado del nervio de borde

$$b_p \geq h_0$$

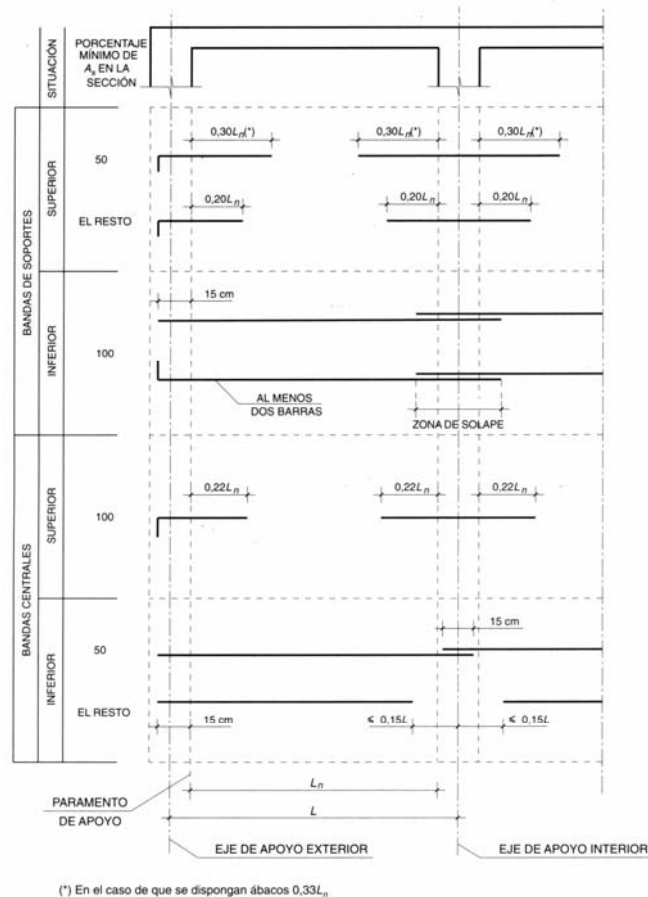
$$b_p \geq 25 \text{ cm}$$

Predimensionado de los voladizos

$$L \leq 10 \cdot h_0$$

52

Armado



53

Armado

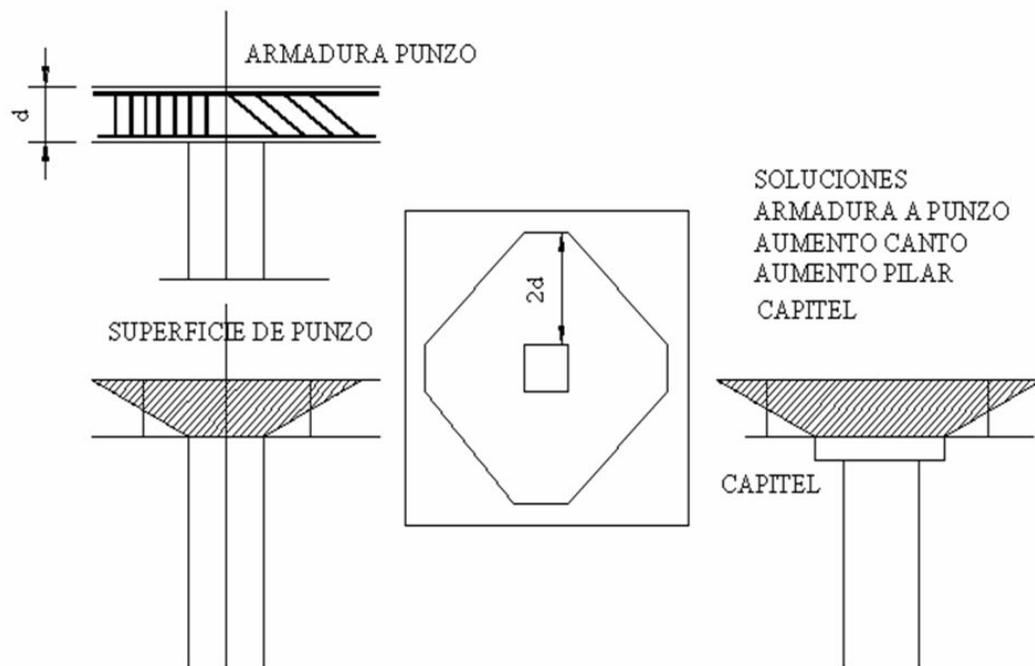
• Armadura superior en ábacos:

Si M_d ($M_a - M_a'$) es pequeño, repartir la armadura en la banda de soportes.

Si M_d es importante, se repartirá una fracción $0,8 \cdot M_d / M_a$ ($0,6$ si se trata de soporte extremo), en una zona de ancho igual al del soporte mas vez y media el canto total, a cada lado. El resto se distribuirá uniformemente en el ancho de la banda.

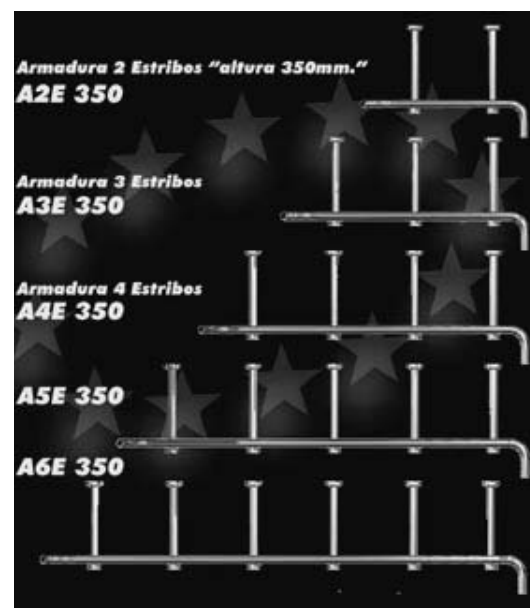
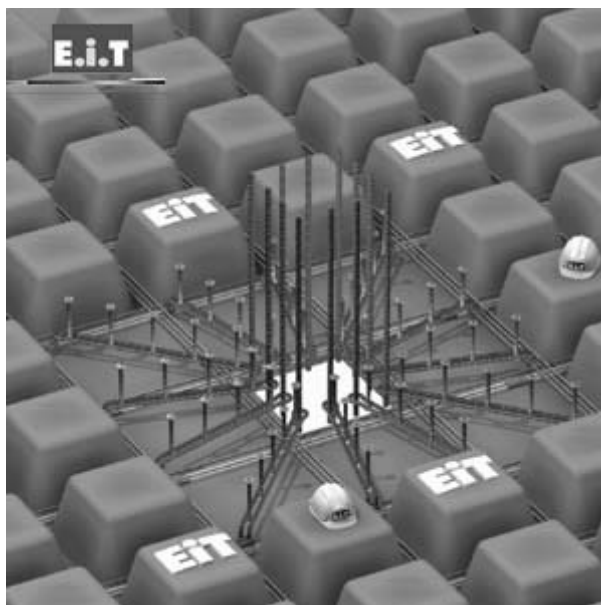
54

Punzonamiento



55

Punzonamiento



56

Resistencia al Fuego

TABLA A.7.8

Resistencia al fuego normalizada	Ancho de nervio mínimo b_{min} /Recubrimiento mecánico equivalente mínimo a_{min} (mm)			Espesor mínimo h_s de la capa de compresión (mm)
R 30	80/20	120/15	200/10*	60
R 60	100/30	150/25	200/20	70
R 90	120/40	200/30	250/25	80
R 120	160/50	250/40	300/25	100
R 180	200/70	300/60	400/55	120
R 240	250/90	350/75	500/70	150

* Los recubrimientos por exigencias de durabilidad serán normalmente mayores (ver tabla 37.2.4).

Resistencia al Fuego

