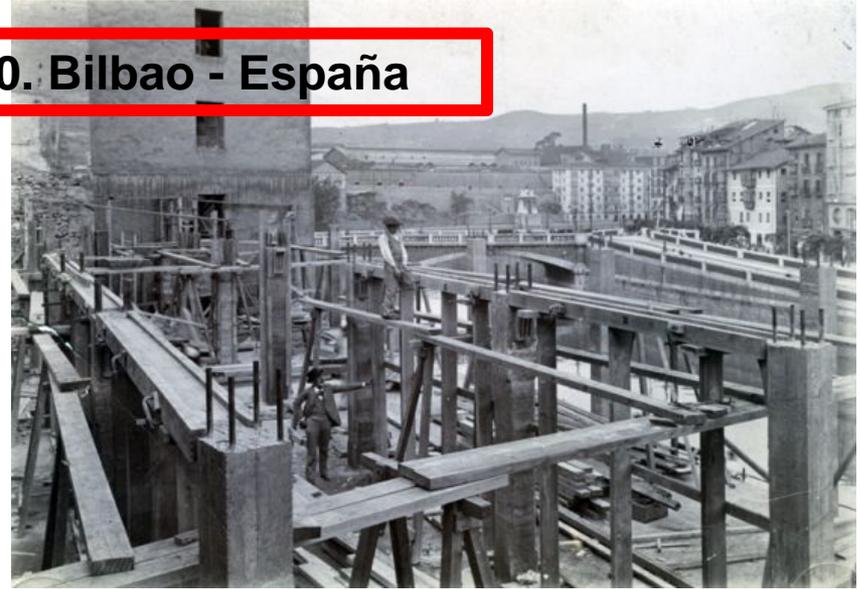


Harinera La Ceres 1899 – 1900. Bilbao - España



CONSTRUCCIONES DE HORMIGÓN ARMADO

SISTEMA HENNEBIQUE

Fábrica de harinas «La Ceres».—Bilbao.

La primera obra construida en España enteramente de hormigón armado sistema Hennebique, fué la fábrica de harinas de «La Ceres» en Bilbao, y por esto, así como por haber sido estudiada y dirigida por D. Ramón Grotta (q. e. p. d.), nuestro distinguido excompañero, á cuya memoria rindo de este modo el justo tributo á que sus trabajos le hicieron acreedor, la menciono en estas columnas.

Nada especial tiene en sí el cálculo de esta obra, que se reduce al de forjados, vigas, ménsulas, pilares, dinteles y zapatas de fundición, y convencido de que la repetición de dichos cálculos ya publicados en la REVISTA haría pesado, enojoso é interminable este artículo, hago gracia de ellos, y me limito á la descripción de las obras.

La fábrica de harinas de «La Ceres», consta de cinco pisos y cubierta, sostenidos por pilares.

La fachada principal, constituida por pilares y dinteles de hormigón armado y de cuya figura y elegancia puede juzgarse por el adjunto dibujo, se varió algo reduciendo la superficie encristalada, tanto para disminuir el coste de la obra, como principalmente por temor, triste es decirlo, á los desperfectos que en ella podría ocasionar la malevolencia.

El piso primero está calculado para una sobrecarga de 900 kilogramos por metro cuadrado; 750 kgs. por m.² es la sobrecarga de cálculo de los pisos segundo, tercero y cuarto; 500 kgs. la del quinto piso, y 400 kgs. la de la cubierta.

Piso primero. El piso primero está constituido por vigas de

0,18 × 0,30 de sección armadas con cuatro barras de 30^m de diámetro. En estas vigas cargan viguetas de 0,15 × 0,20 de sección armadas con cuatro barras de 20^m de diámetro; el forjado tiene 0,10 metros de espesor y va armado con cinco barrillas de 10^m de diámetro por metro. Sostiene el piso pilares de 0,40 × 0,40 en el interior del edificio y 0,30 × 0,30 en la fachada.

Piso segundo. Constituido por vigas de 18 × 0,30 de sección, y armadas con 4 barras de 28^m de diámetro, viguetas de 0,15 × 0,20 de sección con 4 barras de 20^m de diámetro, y forjado de 0,09 metros de espesor y 5 barrillas de 10^m por metro. Los pilares que sostienen este piso tienen en la fachada 0,30 × 0,30 metros de sección, y el del interior del edificio 0,35 × 0,35 metros.

Los pisos tercero y cuarto son idénticos al anterior, variando únicamente la sección de los pilares que disminuye hasta ser de 0,20 × 0,20 bajo la cubierta.

Fijaremos nuestra atención sólo en los pisos primero y segundo, por ser los que soportan mayores sobrecargas, y los únicos que se sometieron á las pruebas fijadas previamente en el contrato para la ejecución de las obras.

El resultado de dichas pruebas fué tal, que la Compañía anónima «Ceres», dispensó á los constructores las pruebas de los pisos restantes en vista de los sorprendentes resultados obtenidos en los primeros.

Las obras empezaron en Septiembre de 1899, terminándose en Mayo del siguiente, y tardándose por tanto en la ejecución total del edificio siete meses, plazo bien corto para la importancia de la obra.

En Diciembre se terminaron los pisos primero y segundo, que fueron probados el 29 de Enero.

Para el piso primero cuya carga de cálculo queda ya dicho que fué de 900 kilogramos por metro cuadrado, se había estipulado que la flecha de las vigas, con una carga de 1.350 kilogramos, ó sea vez y media la del cálculo, no pasaría en el centro de 1/500 en la luz, esto es, de 0,010; en las pruebas la flecha máxima alcanzada no llegó al tercio de la admitida, puesto que quedó en 0,003 metros.

En el piso segundo calculado a 750 kilogramos por metro cuadrado, y probado á 1.250 kilogramos por m.², es decir, también á vez y media la carga de cálculo, los resultados fueron los mismos que en el piso primero.

Sin pérdida de momento, y antes de terminarse por tanto los trabajos, comenzó la instalación de máquinas en la parte construida, sin que las cargas á que resultaban sometidos los pisos produjesen en ellos flecha apreciable.

Los pisos citados soportan, no solo la maquinaria peculiar de la industria, con sus grandes pesos, sino también las transmisiones que están directamente sujetas á las vigas y pilares; pues bien, las trepidaciones del movimiento de las máquinas y transmisiones no han producido alteración alguna en la construcción; claro es que es lógico que así sea, si se tiene en cuenta que en una construcción de hormigón armado, sistema Hennebique, no hay roblones ni pernos que se aflojen, y que las uniones de las piezas son perfectamente indeformables, dentro de la gran elasticidad de la construcción.

Una pequeña digresión, contestación á una pregunta que con frecuencia se me dirige, voy á permitirme hacer, ya que hablo de la influencia de las trepidaciones en las construcciones de hormigón armado sistema Hennebique, lo que está relacionado con la duración que llamé eterna en mi anterior artículo. Los elementos constitutivos del hormigón armado sistema Hennebique, son: hormigón de cemento Portland, empleando casi única y exclusivamente el cemento Vicat, de doble cocción, y hierro ó acero en barras y flejes. El hierro y acero va siempre rodeado de una capa de hormigón de por lo menos 25 milímetros de espesor. Está plenamente comprobado que un enlucido ó pintura de cemento preserva al hierro de su oxidación; esta capa de enlucido ó pintura alcanza apenas medio milímetro, y es bien evidente que una capa de 25 milímetros ha de preservarle mucho

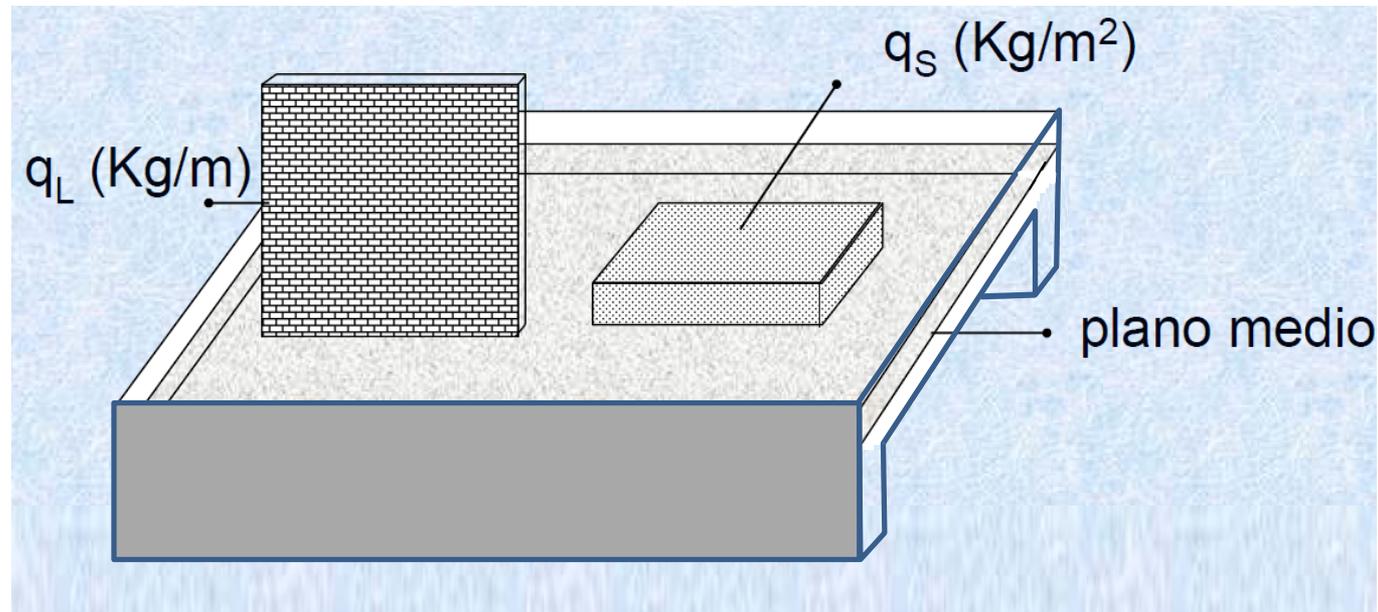
más; los ensayos hechos así lo demuestran, hasta tal punto, que precisamente en la protección que contra los agentes exteriores da al hierro ó acero la capa de hormigón que le rodea en las construcciones de hormigón armado sistema Hennebique, está la inalterabilidad de éstas á la acción del fuego. Experimentos de esta inalterabilidad se han citado ya en estas columnas, y no he de repetirlos; no obstante, en breve se construirá en Madrid una casa de hormigón armado sistema Hennebique, contando con la benevolencia del Sr. Alcalde, y á la que se dará fuego; los resultados de estas pruebas me servirán entonces para comprobar y demostrar la incombustibilidad de estas construcciones. Volviendo á la duración, se ve que el hierro dentro del hormigón es inalterable, y por tanto eterno; en cuanto al hormigón mismo, ¿qué más da que sea ó no armado para que el fraguado y resistencia de cemento de que está hecho aumente progresivamente? Si el cemento empleado es bueno y está sancionada su resistencia y el aumento progresivo de ella por infinitas pruebas, hasta poder llegar á admitirla sin reservas, claro es que lo mismo sucederá con el hormigón hecho con tal cemento, si se eligen con esmero la arena y la gravilla, y este esmero debe tenerse siempre y se tiene en las construcciones de hormigón armado.

¿Que el metal y el hormigón están sometidos continuamente á esfuerzos de mayor ó menor importancia? Pues mientras no exceda el trabajo por unidad del límite práctico de resistencia y se verifique aquél en las hipótesis de los cálculos, no hay razón para temer que al cabo de cien años ó de mil la obra no tenga la misma estabilidad y resistencia que en el día de sus pruebas; precisamente ocurrirá lo contrario: podrá la obra resistir mayores cargas, puesto que la resistencia del hormigón habrá aumentado con la del cemento, y si no hay razón para que la del hierro ó acero aumente, habrá sí aumentado la adherencia de ambos materiales, y, en definitiva, la de la construcción. Sobre las deducciones teóricas, están las enseñanzas de la práctica, en esta ocasión quizás más que conformes con lo que científicamente era de esperar.

Para terminar, la fábrica de harinas de «La Ceres» costó pesetas 87.844,70, pudiendo evaluarse la economía con relación á la construcción ordinaria en mampostería y pisos con viguetería de hierro, en más de un 20 por 100; y no debe olvidarse que, siendo la primera obra de alguna importancia que de hormigón armado sistema Hennebique se construyó en España, su coste fué mayor que el que ya hoy alcanzan dichas obras.

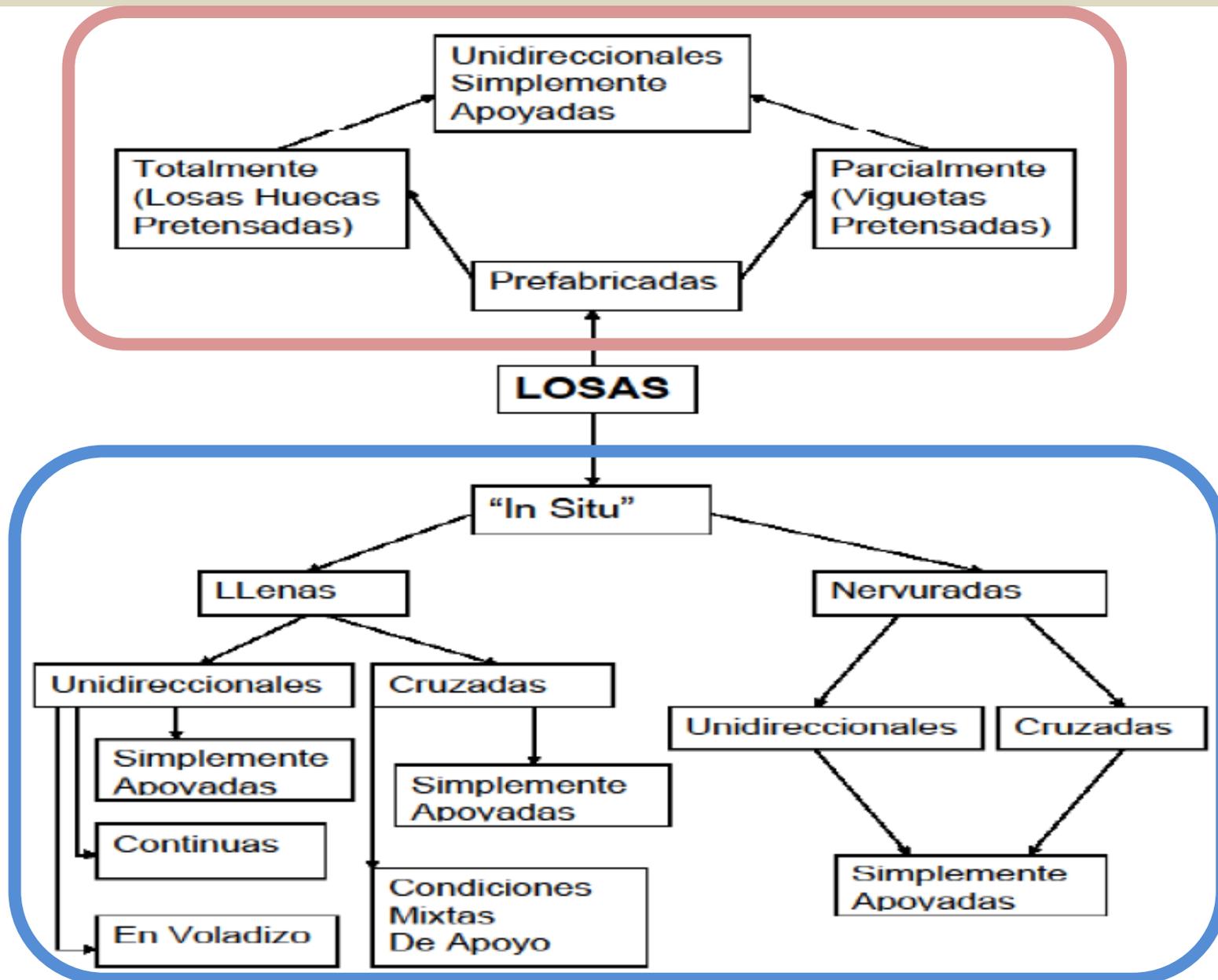
LOSAS

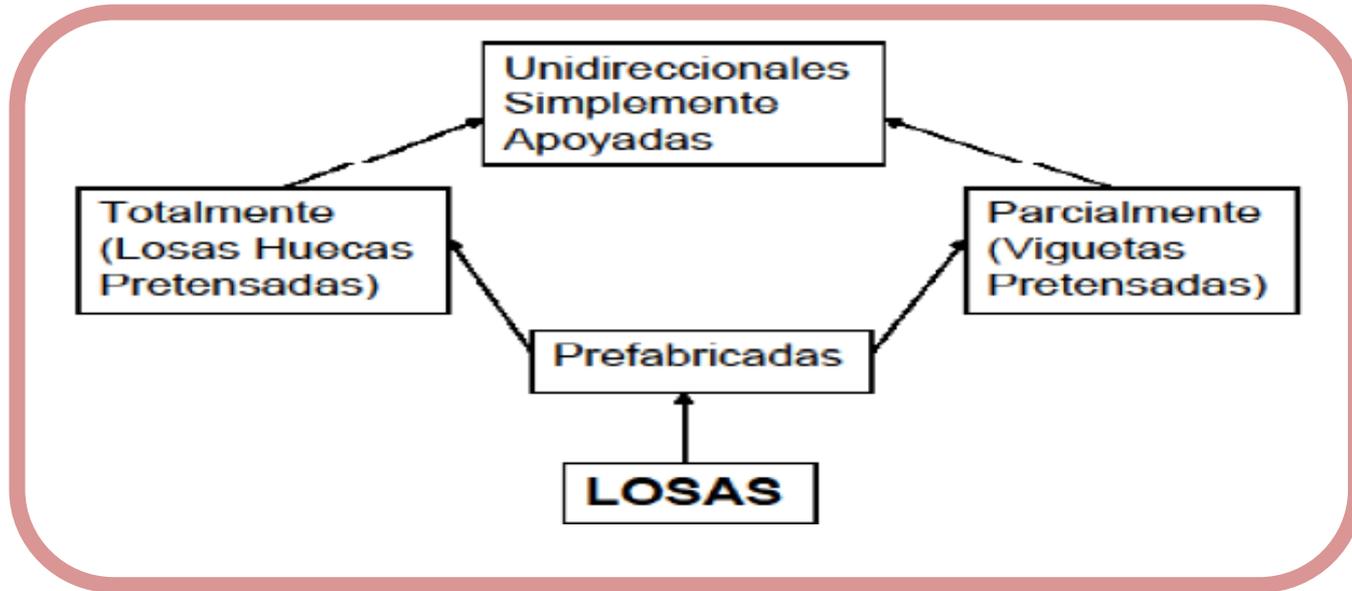
Definición: Se denomina **Losa, Placa o Forjado**, al elemento estructural **plano** (dos de sus dimensiones predominan frente a su espesor) que soportar cargas lineales (tabiques) y superficiales (contrapisos, pisos, sobrecargas de uso) perpendiculares a su plano medio. Forma parte de la estructura horizontal de las diferentes plantas de un edificio, vinculándose solidariamente con otros elementos estructurales (vigas, columnas), y permitiendo no solo transmitir cargas verticales sino también horizontales, aportando rigidez en ese plano



Las **losas** resisten en función de la cantidad de material o **masa** que define su sección transversal, desarrollan un trabajo combinado de **flexión**, **torsión** y **corte** para soportar y transferir a sus apoyos las cargas actuantes sobre ellas.

LOSAS





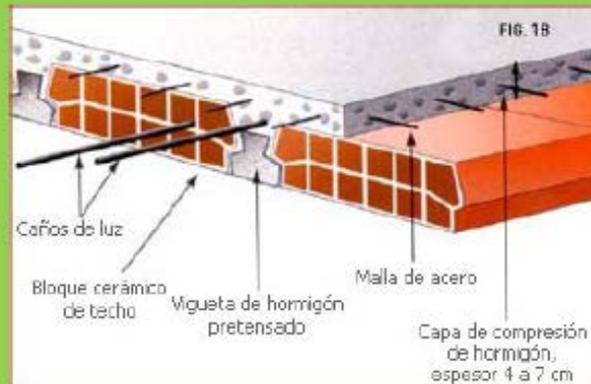
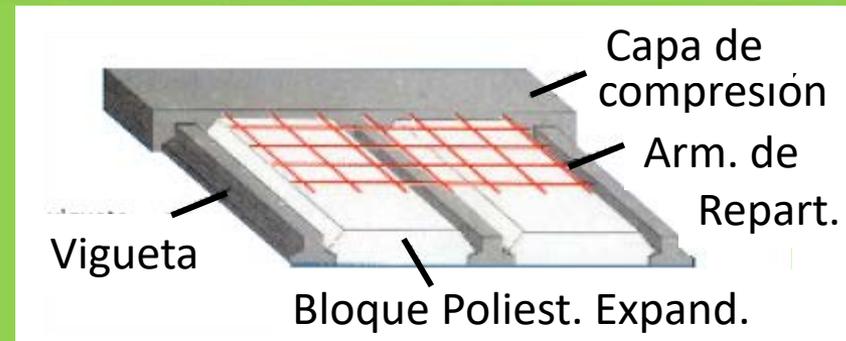
Losas Huecas Pretensadas

Trabajan como simplemente apoyadas (tracción inferior).
Pueden ponerse en servicio prácticamente una vez colocadas.
Ancho comercial: 30 cm (montaje manual).
60 cm y 120 cm (montaje mecánico)
Luces: de 1 a 16 m. Espesor: de 10 a 30 cm



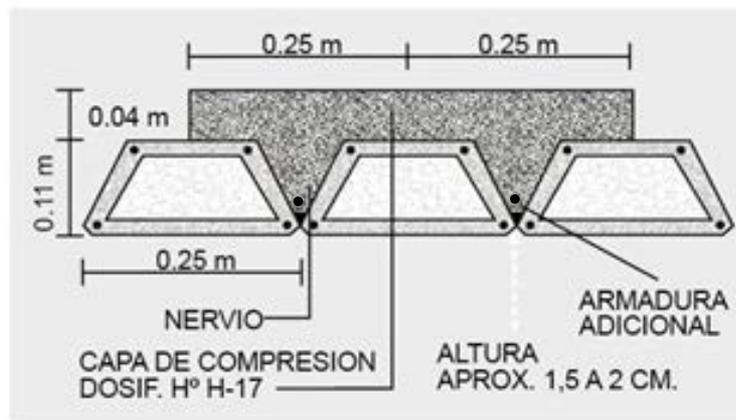
Viguetas Pretensadas

Trabajan como simplemente apoyadas (tracción inferior). Para ponerse en servicio debe adquirir resistencia la capa de compresión. Luces comunes hasta aprox. 7.50 m. Espesores totales entre 14 y 25 cm



Losas Premoldeadas de H⁰A⁰ (Parc. Prefab.)

Módulos de forma trapezoidal - Luces hasta aprox. 7,00 m.
- Núcleo de poliestireno expandido



Hormigón vibrado

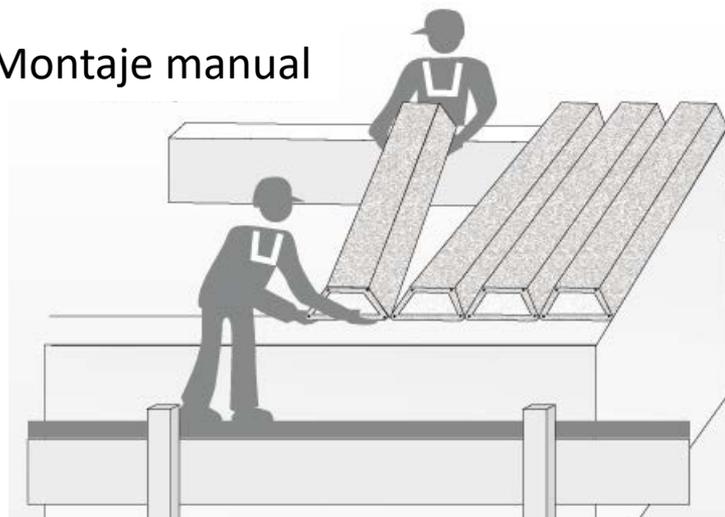
Estribos

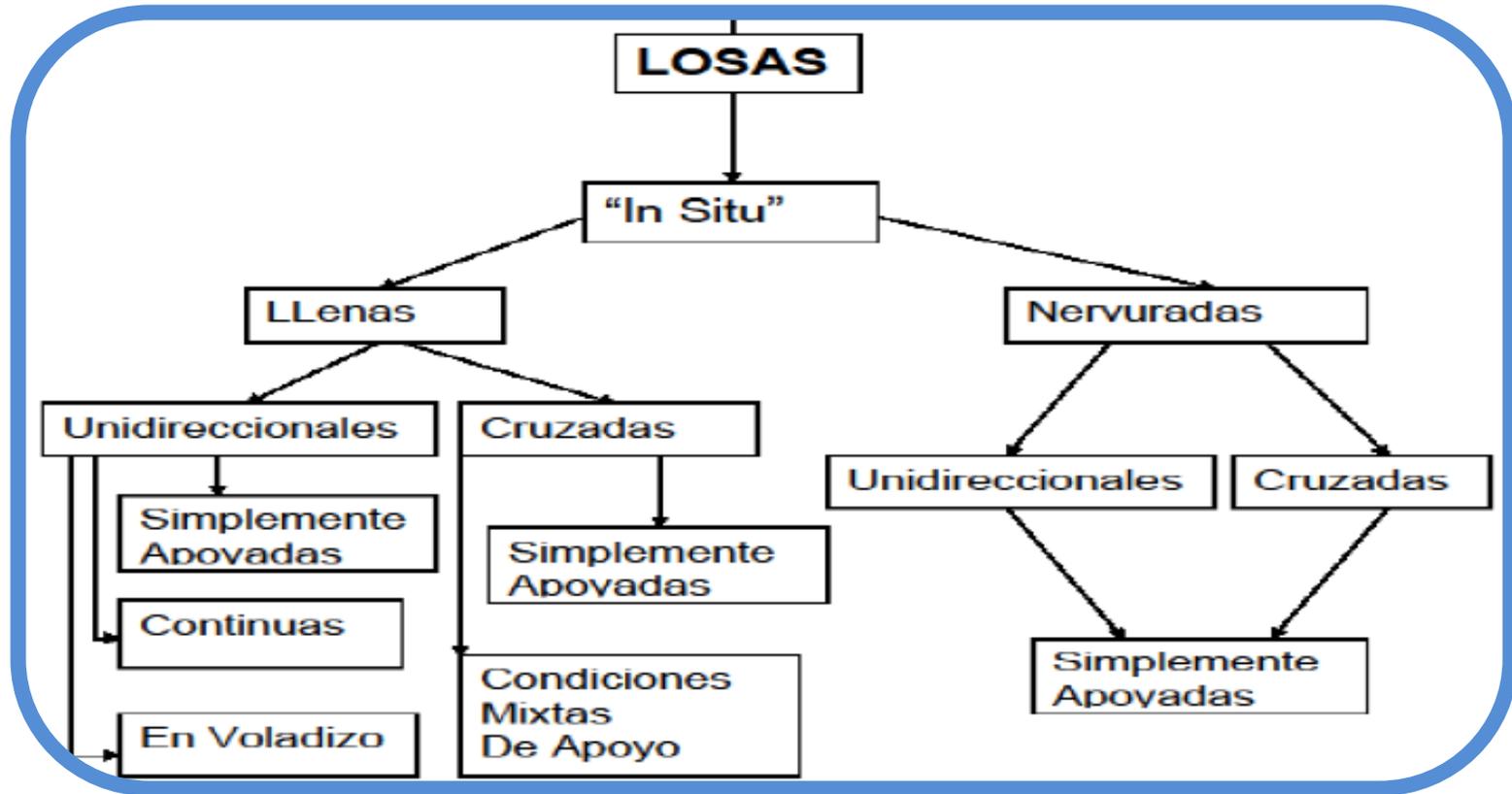
Armadura de montaje

Armadura principal

Poliestireno expandido

Montaje manual





Losas llenas



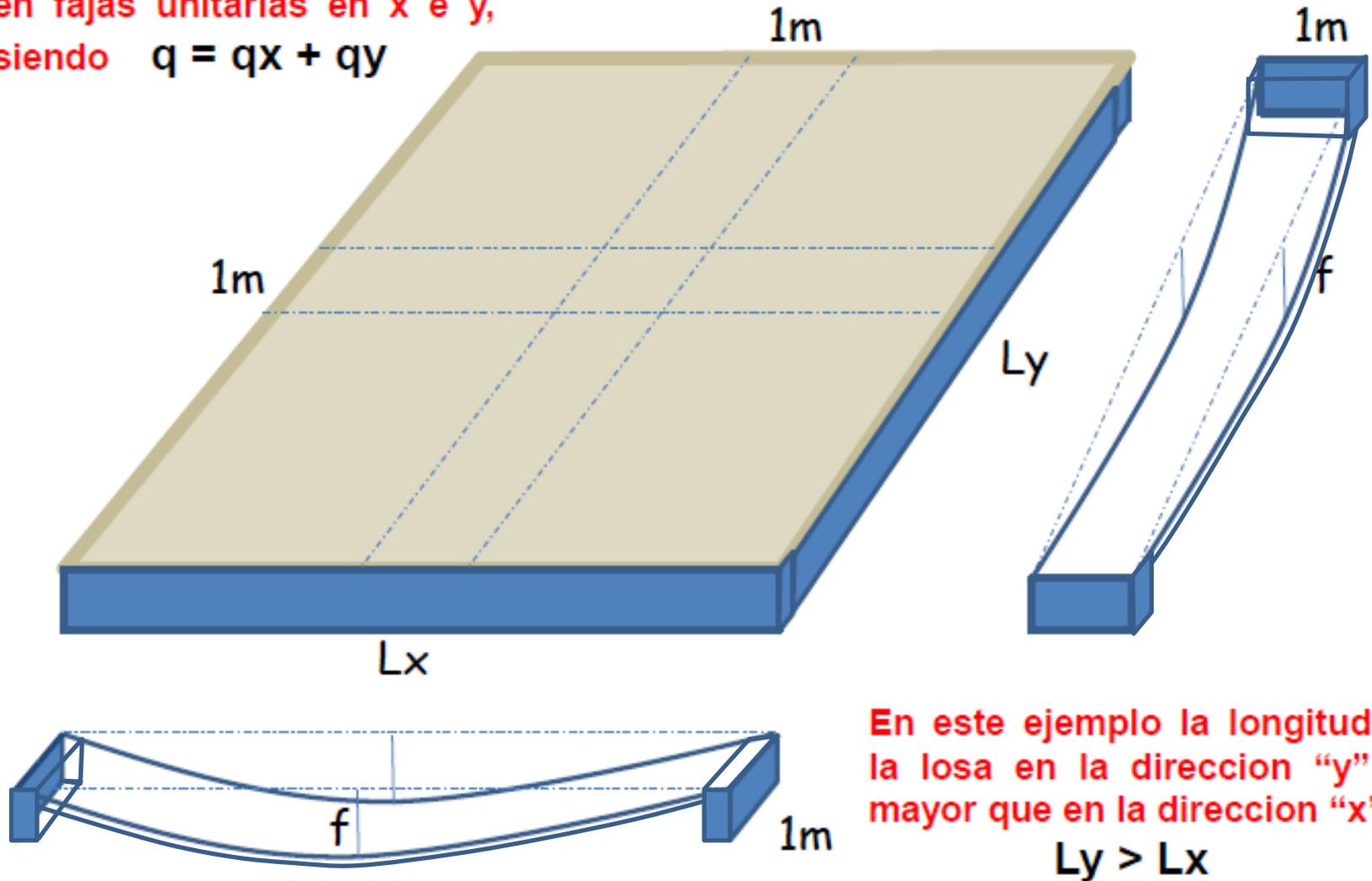
Pueden trabajar en una o en dos direcciones (unidireccionales o cruzadas) con espesores de 8 a 20 cm.

Las condiciones de apoyo son mixtas (simplemente apoyadas, continuas, en voladizo, etc).



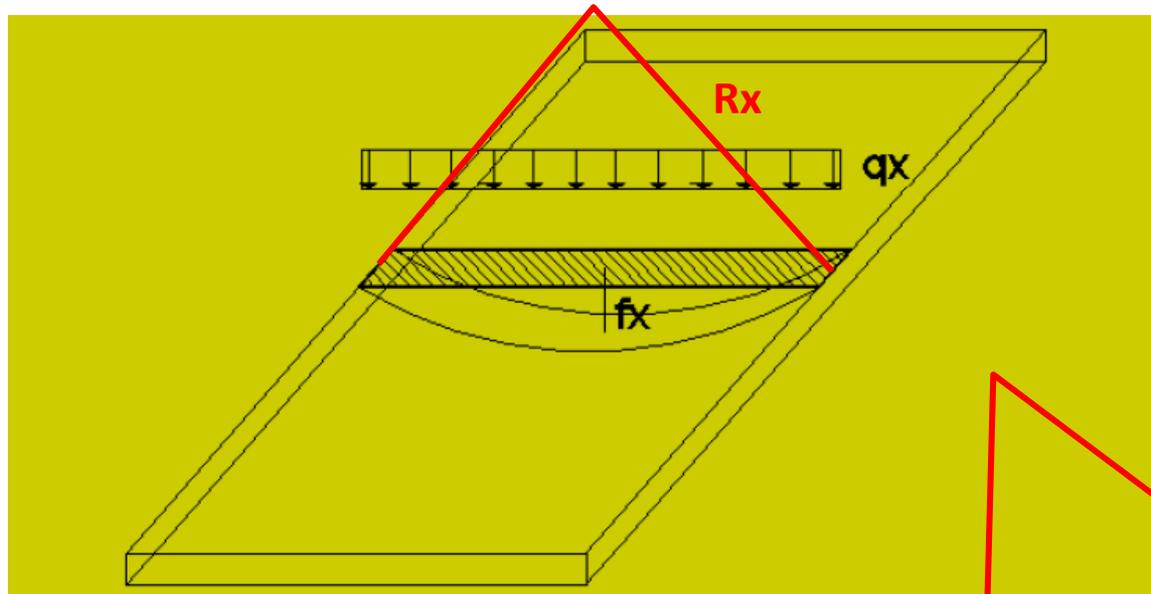
Análisis de Funcionamiento de una Losa Llena - Flexion

La carga uniforme sobre la losa la suponemos dividida en fajas unitarias en x e y, siendo $q = q_x + q_y$



En este ejemplo la longitud de la losa en la dirección "y" es mayor que en la dirección "x":

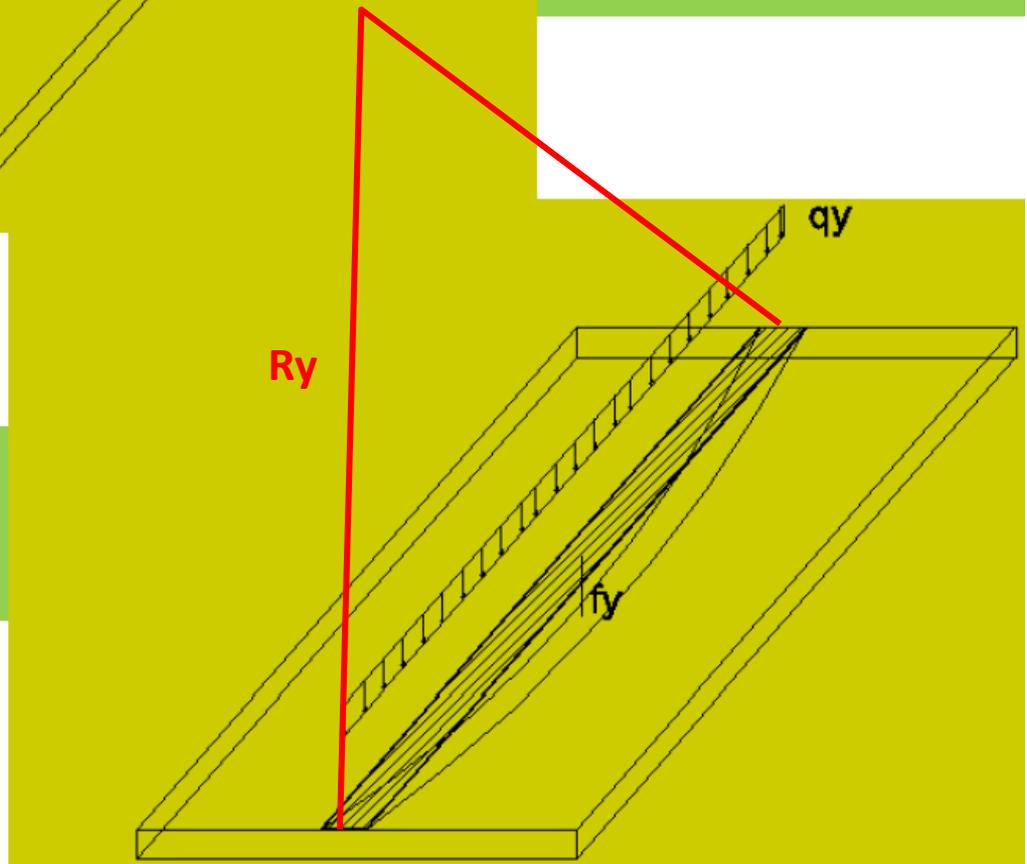
$$L_y > L_x$$

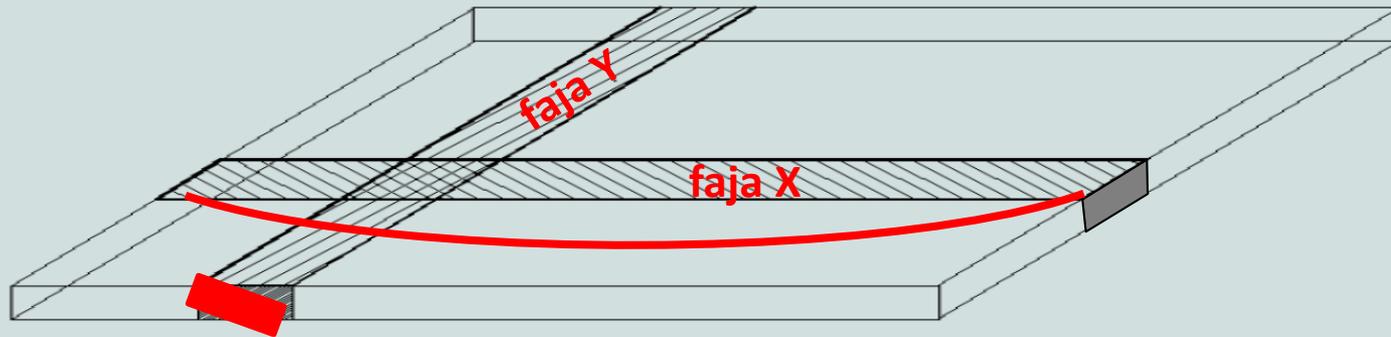


Si fuera $q_x = q_y$, la flecha sería $f_x < f_y$.

Como debe ser $f_x = f_y$, entonces será $q_x > q_y$

Siendo $R_y > R_x$ será entonces $M_x > M_y$, por lo que requiere mas armadura en la luz menor.

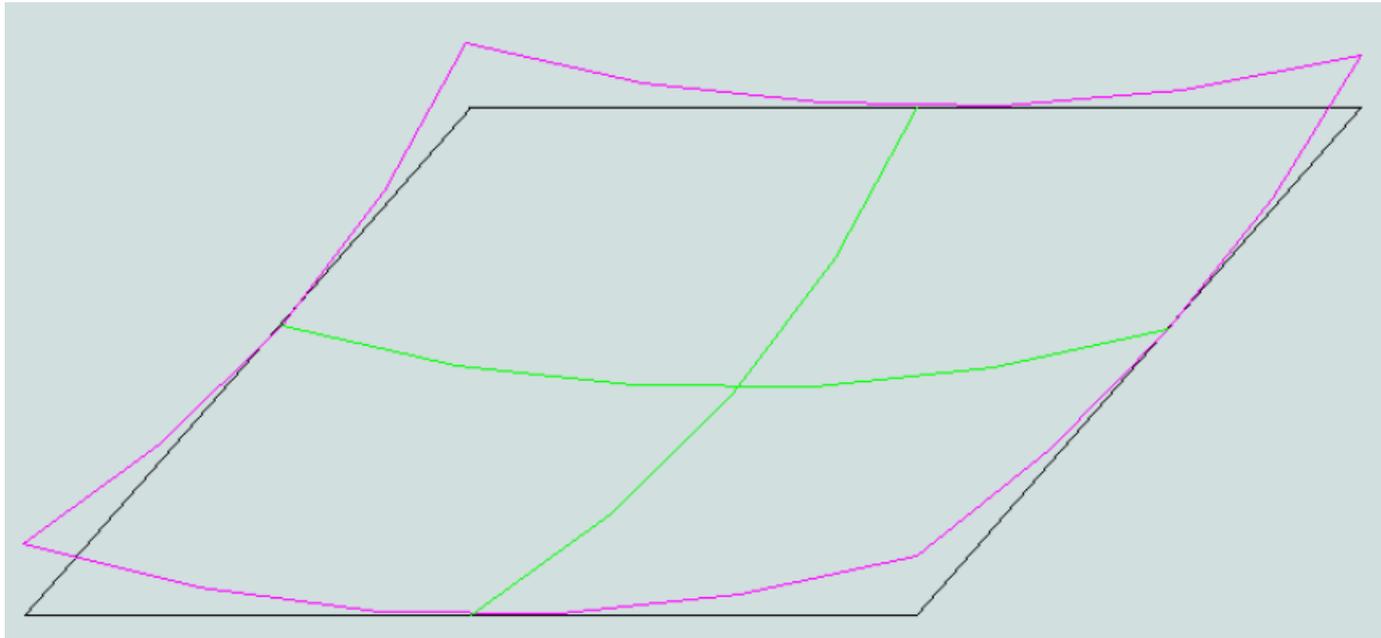


torsión en Losas

La flexión de la faja X tiende a "torcer" a la faja Y. De igual forma, la flexión de la faja Y provoca torsión en la faja X.

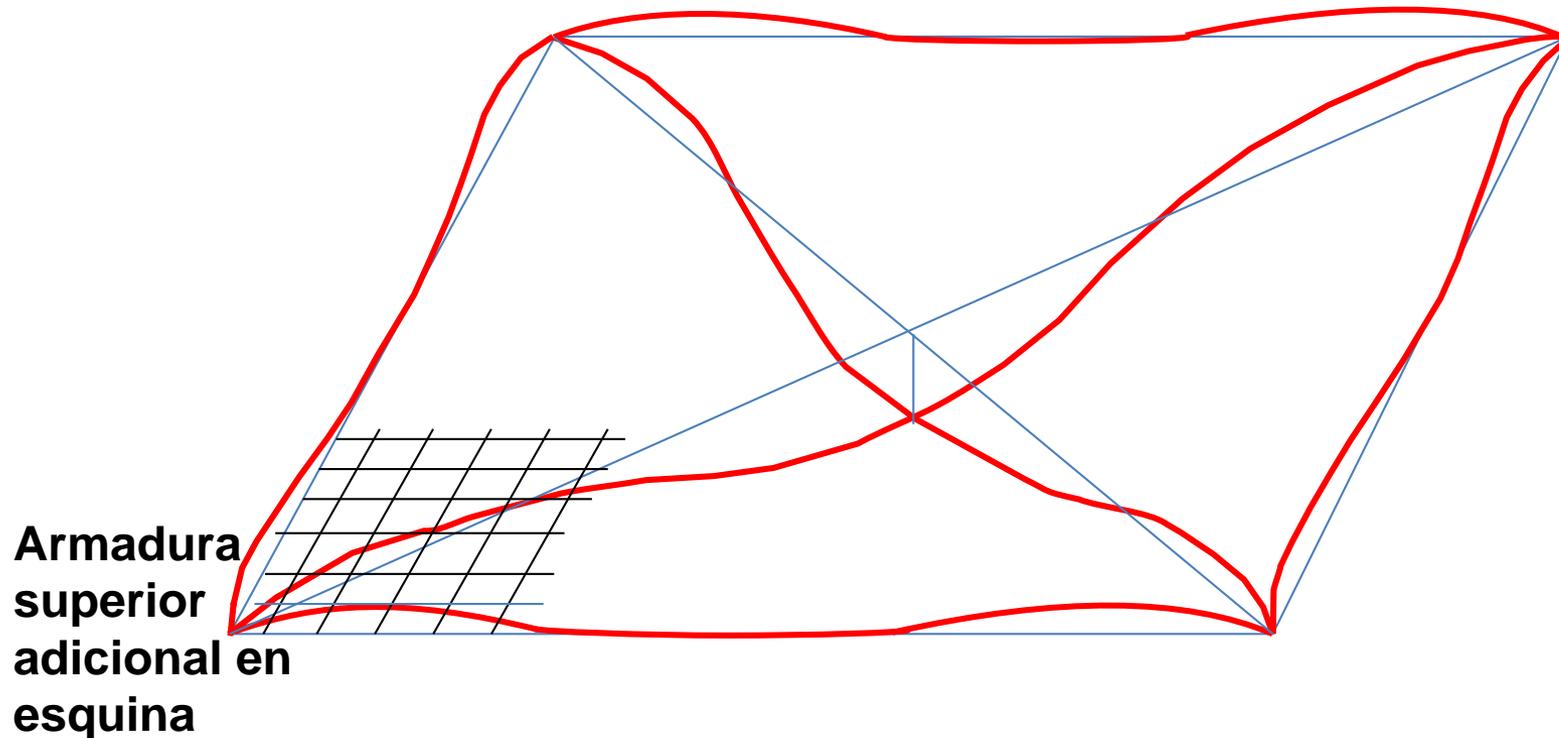
Esto genera un efecto que se conoce como "Levantamiento de Esquina" en las losas, cuando éstas no están monolíticamente unidas a las vigas de apoyo.

LEVANTAMIENTO DE ESQUINA



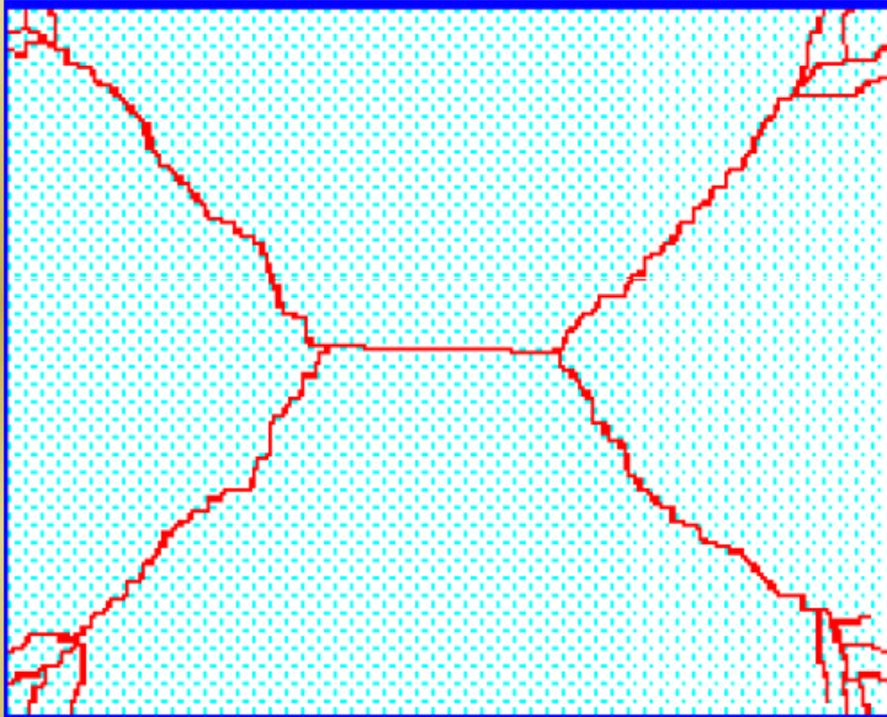
En estos caso se deben anclar las esquinas a sus apoyos, generando una zona de tracciones en las cara superior, donde se aconseja colocar armadura adicional

ANCLAJE EN ESQUINA - ARMADURA ADICIONAL

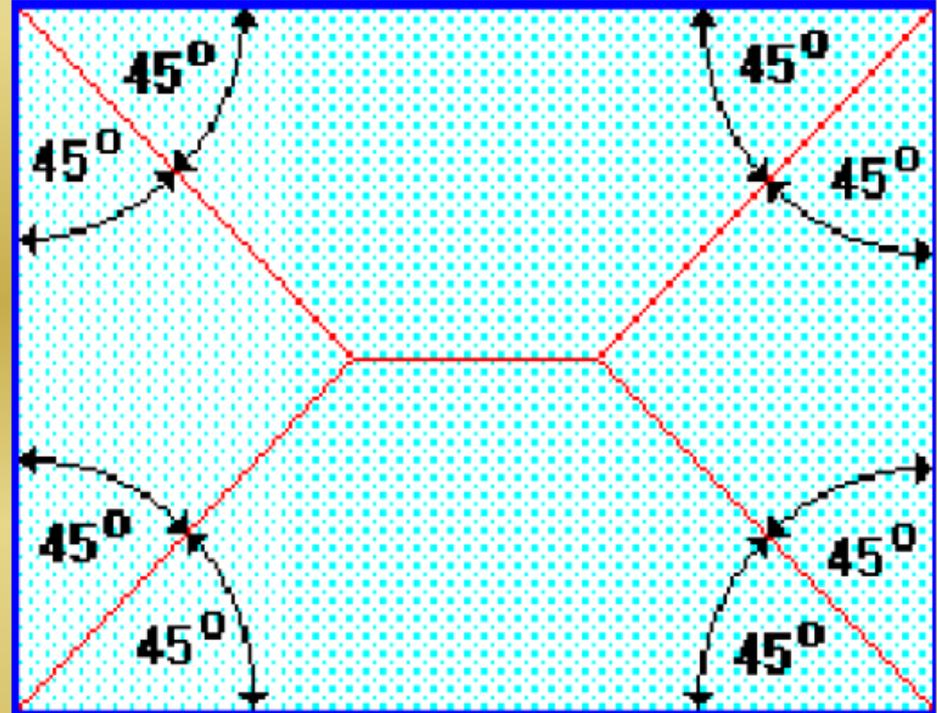


En los casos donde losa y viga se hormigonan en conjunto, este efecto no se produce porque la torsión de la losa provoca flexiones secundarias en las vigas de apoyo, que no provocan mayores variaciones en la flexión propia de éstas.

Losas: REACCIONES POR LINEAS DE ROTURA



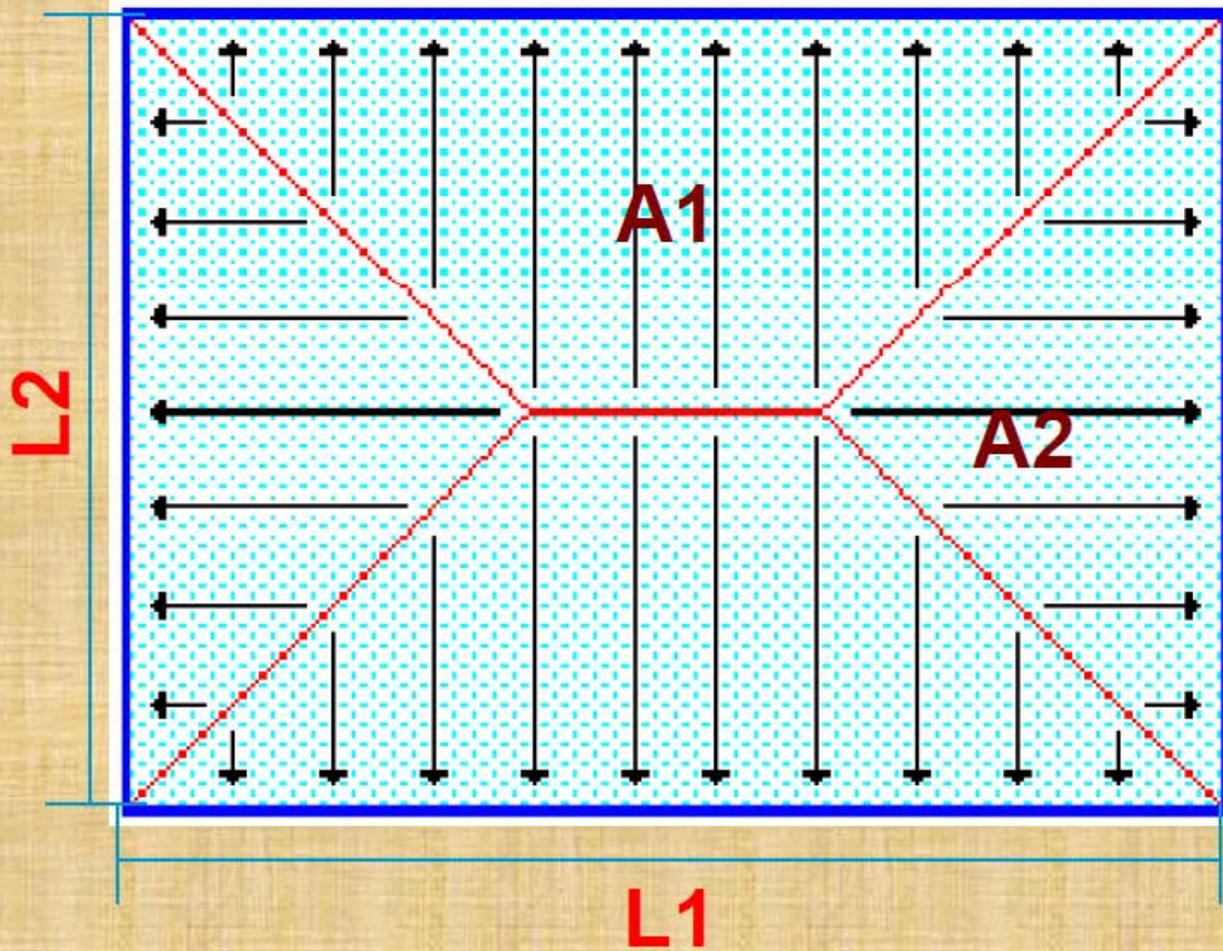
Lineas de rotura en Losa S/A de hormigón armado "in situ"



Simplificación para el cálculo de reacciones

$$q_{V1} = q_{\text{losa}} * A1 / L1$$

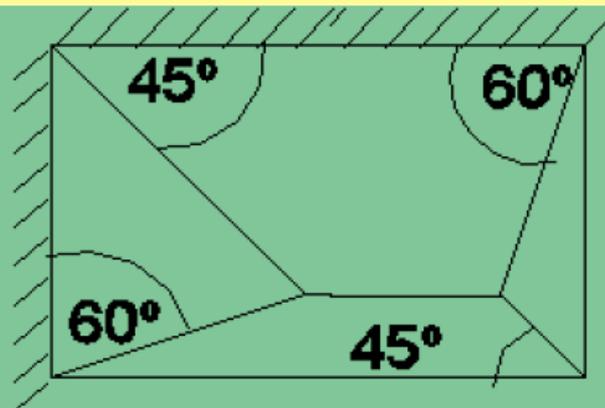
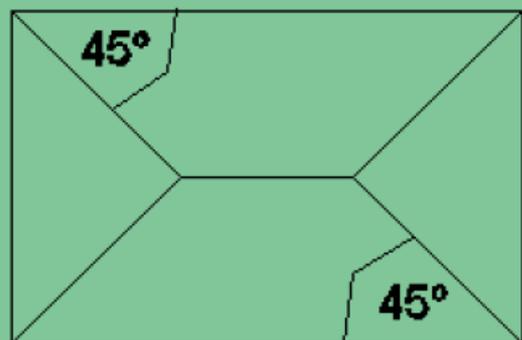
V1



V2

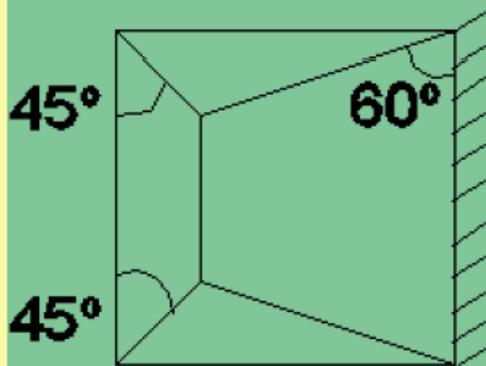
$$q_{V2} = q_{\text{losa}} * A2 / L2$$

Lineas de rotura según condiciones de apoyo

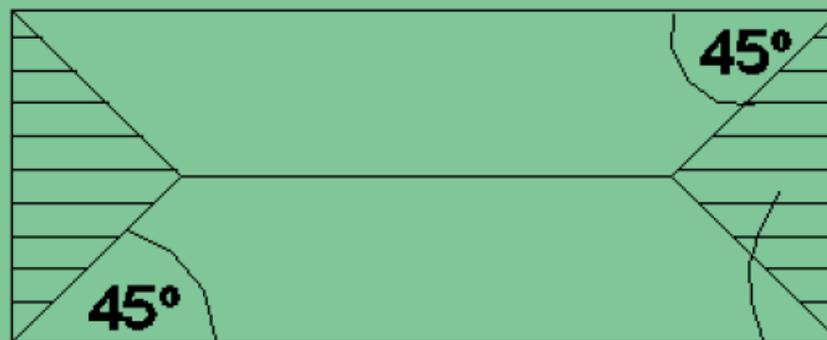


$L_x / L_y > 2$

L_x

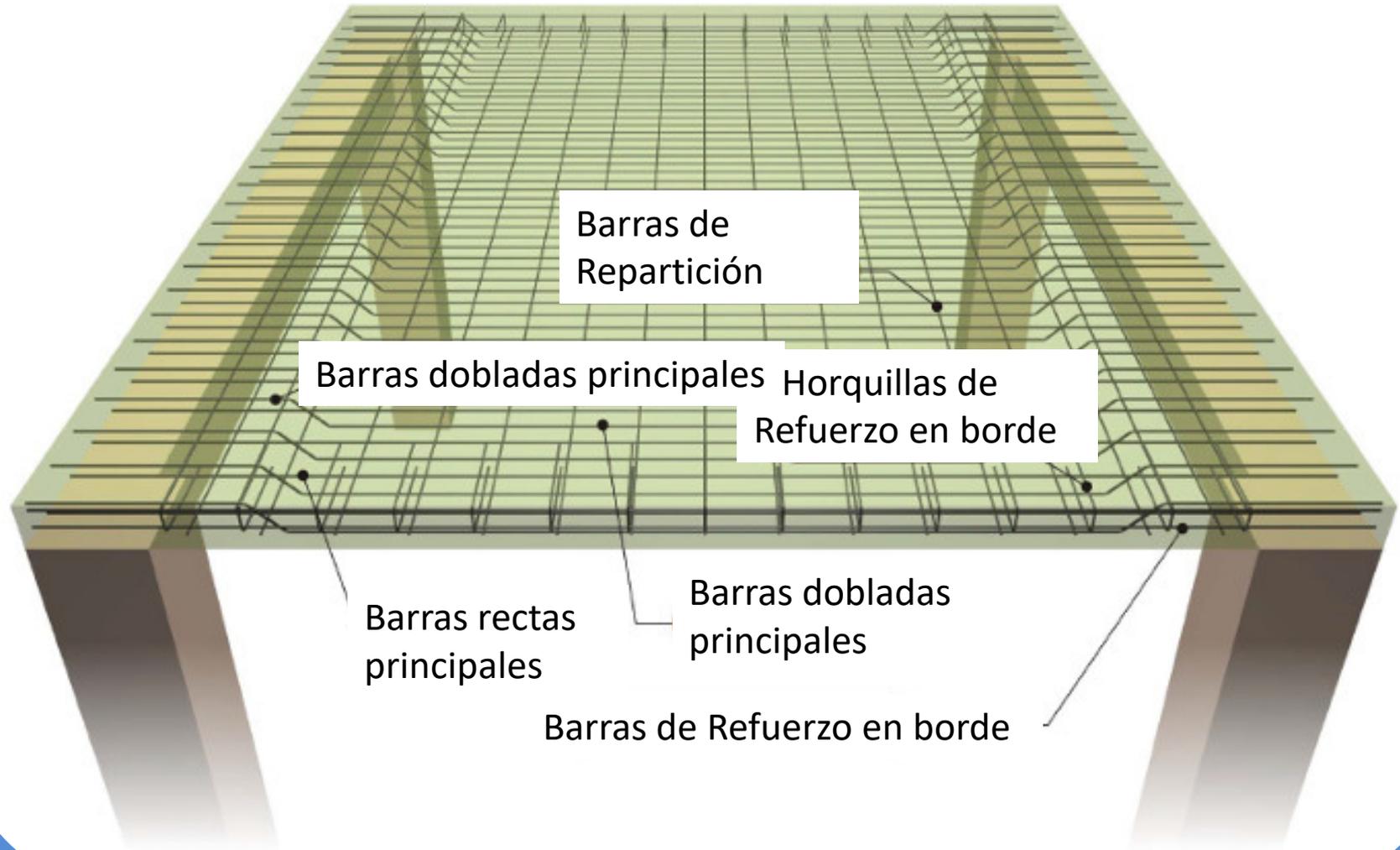


L_y



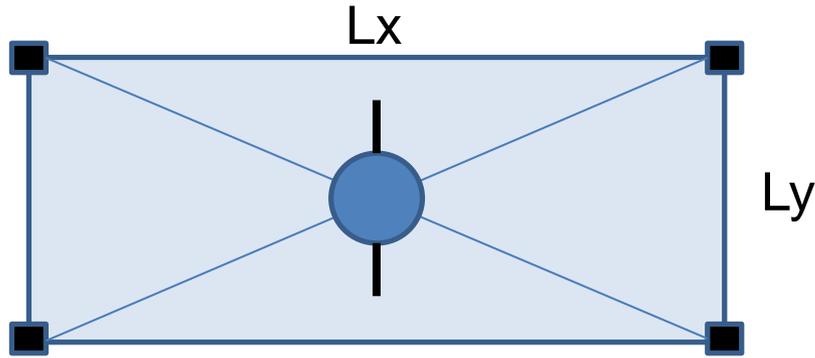
Zona de carga despreciable

Losas "in situ" Unidireccionales llenas

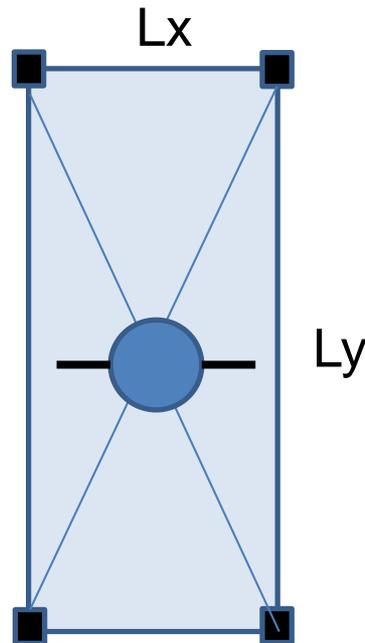


A – Simplemente apoyadas

A.1: Con vigas perimetrales

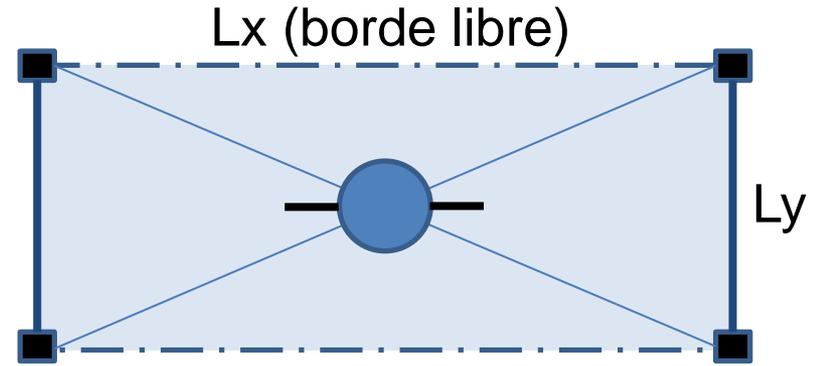


$$L_x/L_y \geq 2,00$$

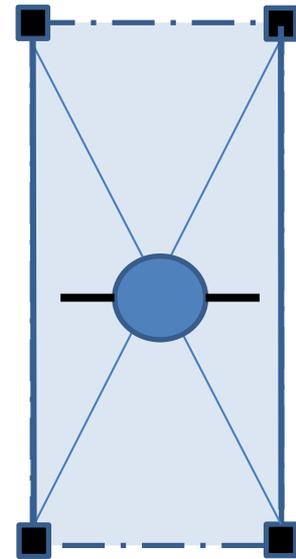


$$L_y/L_x \geq 2,00$$

A.2: Con vigas en bordes opuestos



L_x (borde libre)

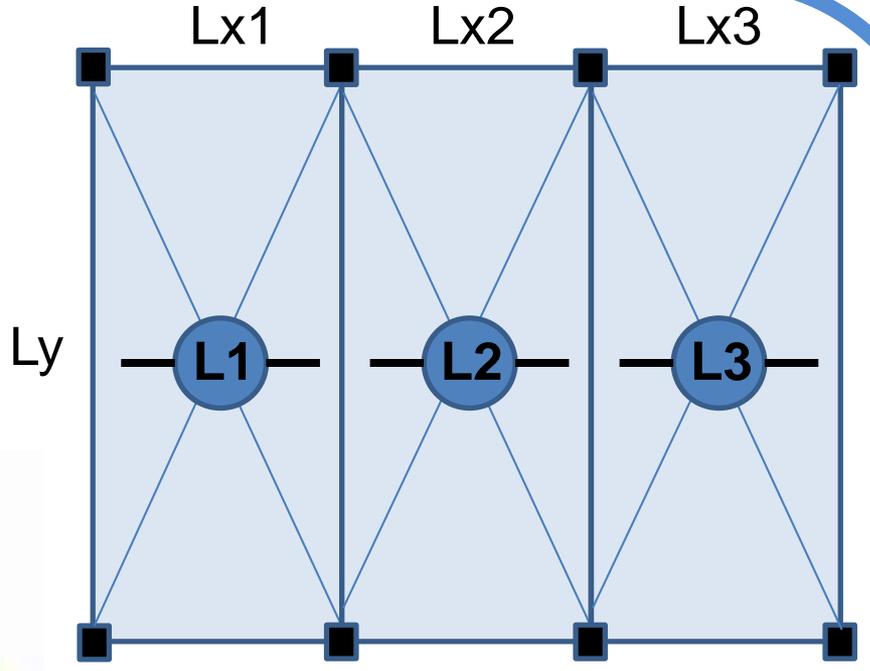
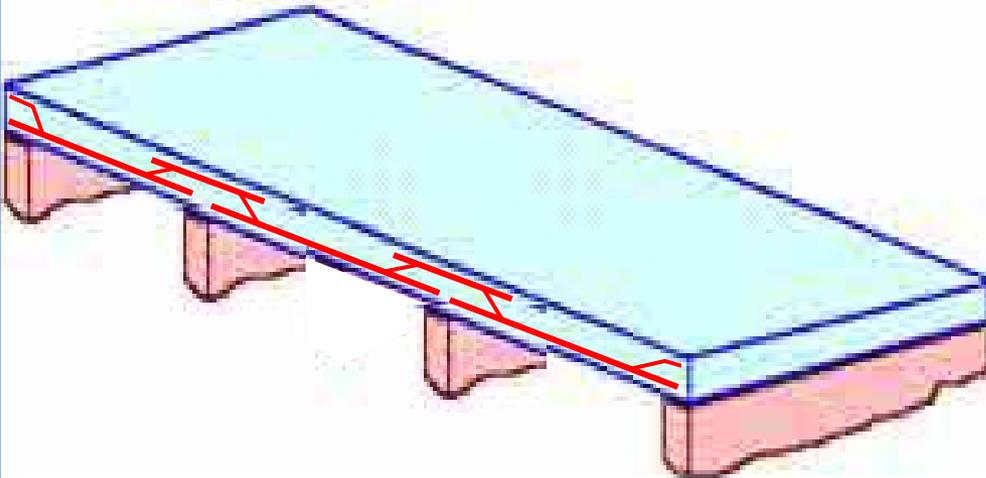


L_y

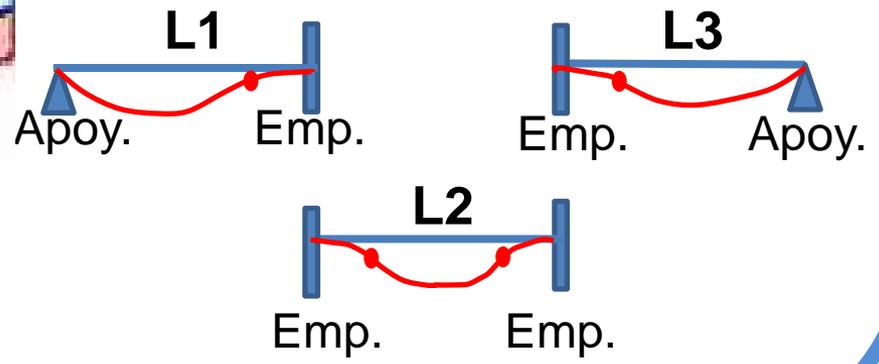
LOSAS UNIDIRECCIONALES LLENAS

B – Continuas

La armadura principal se coloca en la cara inferior en los tramos y en la cara superior sobre los apoyos intermedios

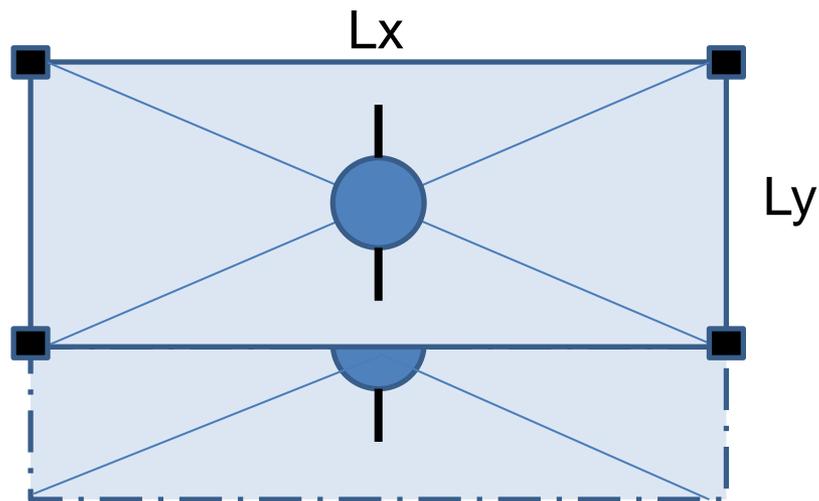


Funcionamiento aproximado



C – En Voladizo

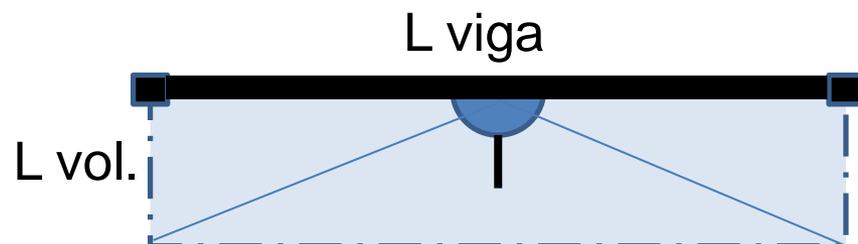
C.1: Voladizo de Losa Interior



La Flexión del Voladizo se propaga a la Losa Interior

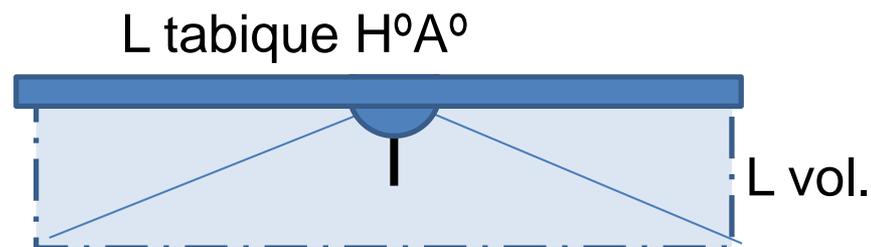
En todos los casos, la armadura principal se coloca en la cara superior del voladizo, dado que allí se producen las tracciones por flexión

C.2: Voladizo de Viga



La Flexión del Voladizo provoca torsión la viga y flexión a las columnas

C.2: Voladizo de Tabique H⁰A⁰

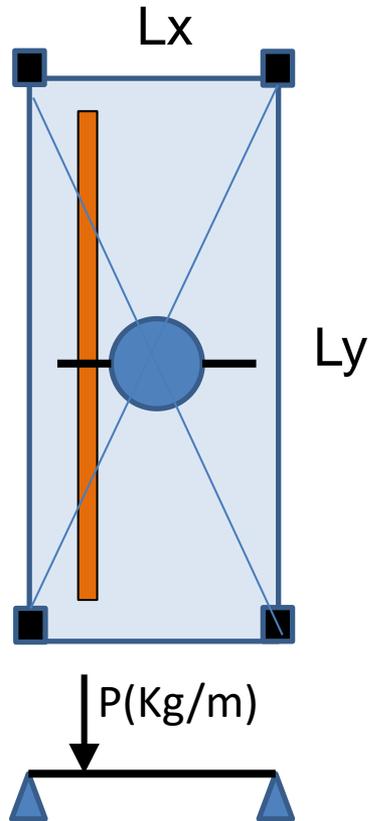


La Flexión del Voladizo se traslada también como flexión al tabique

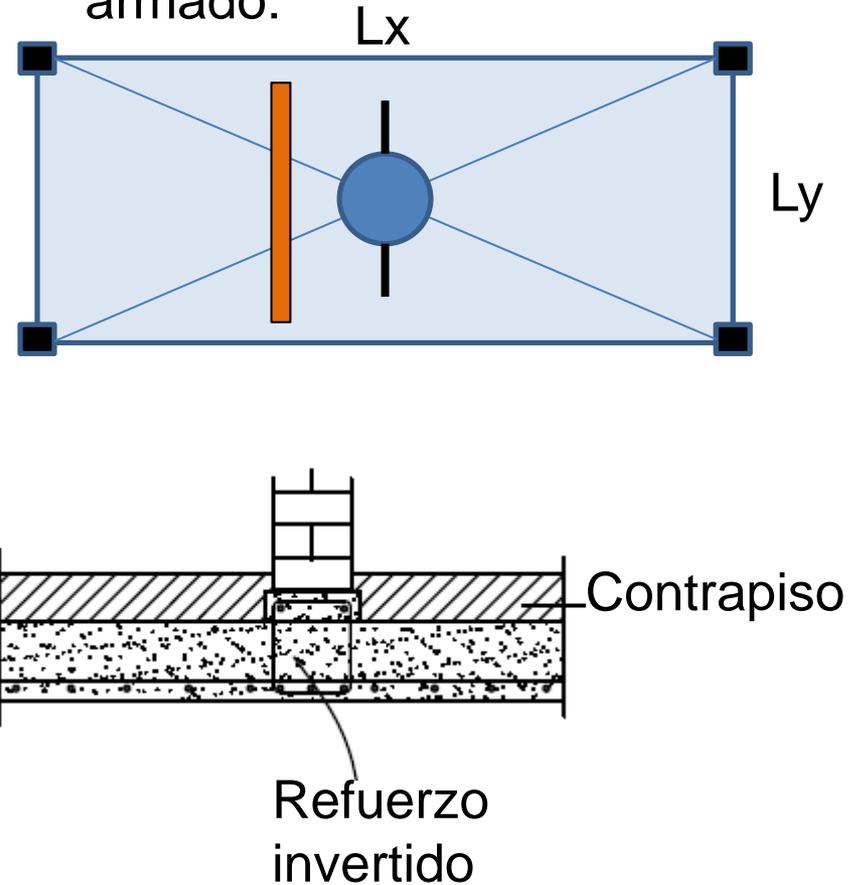


Cargas lineales (tabiques)

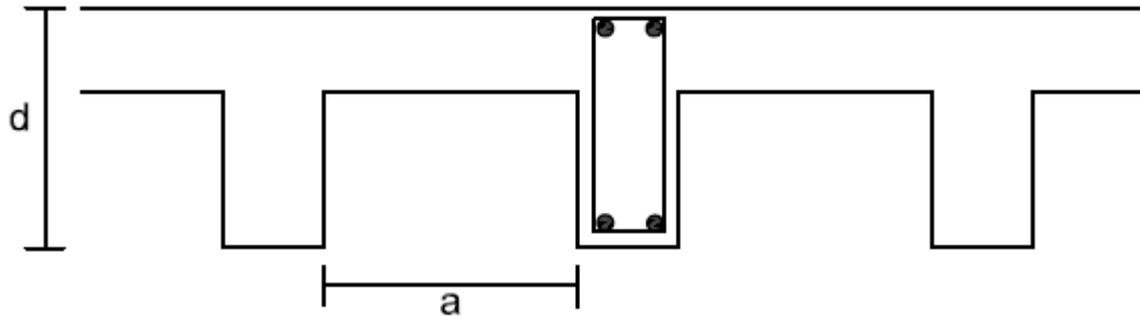
1 - Perpendicular a la dirección del armado:



2 - Paralelo a la dirección del armado:



LOSAS UNIDIRECCIONALES NERVURADAS



$$a \cong 50 \text{ a } 70 \text{ cm}$$

$$e \approx a/10$$

$$e_{\min} = 5 \text{ cm}$$

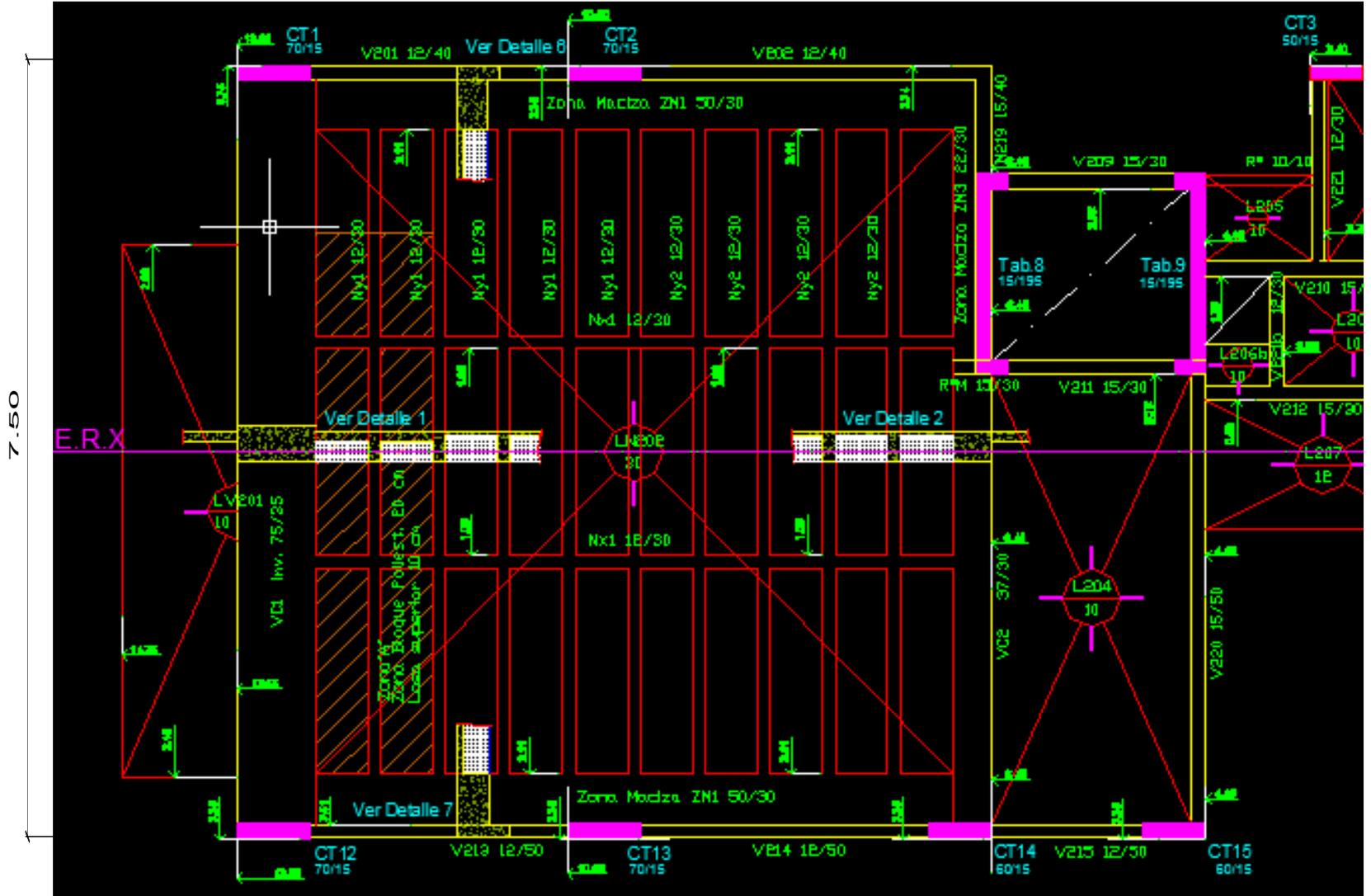


Simplemente apoyadas:

Luces hasta aprox. 7 a 8 m.

La armadura principal se concentra en los nervios permitiendo aumentar el brazo de palanca sin incrementar el peso propio

LOSAS UNIDIRECCIONALES NERVURADAS - Ejemplo



Detalle 1

ESCALA 1:20

