

Losa Mixta

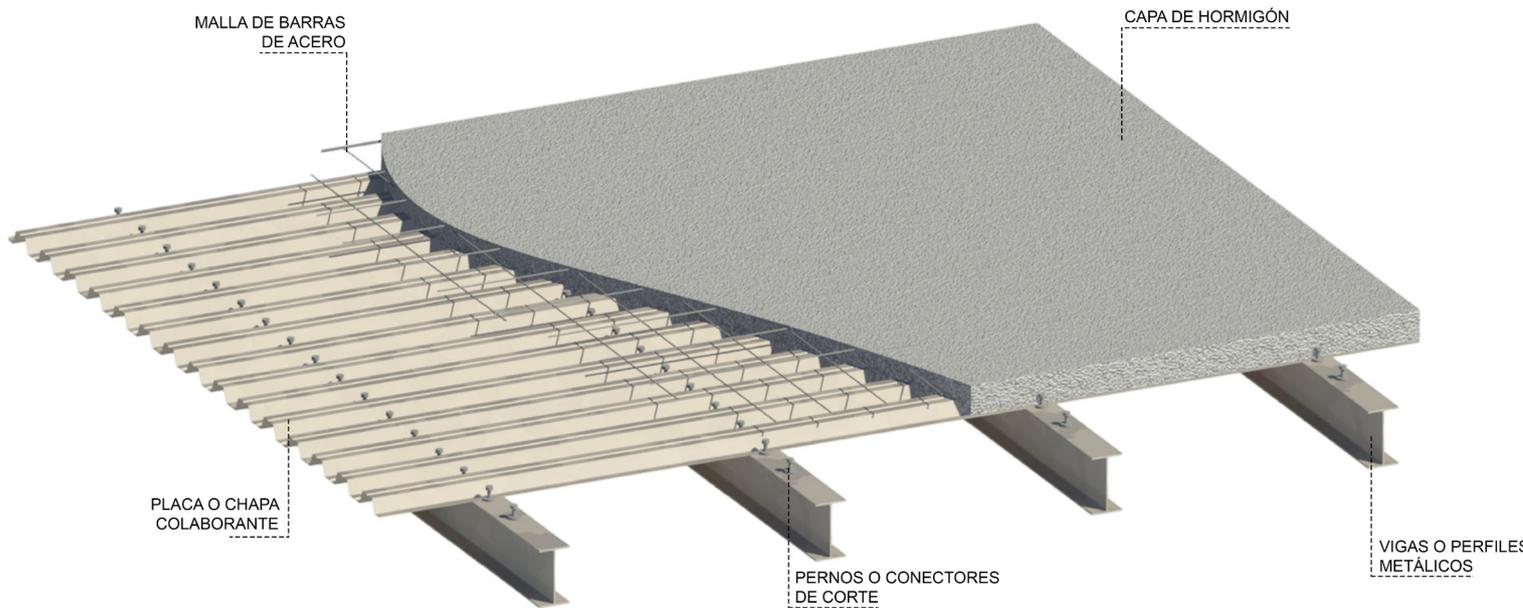
Es indudable que, el uso de la losa mixta (conocida en nuestro medio como steel deck) es en la actualidad frecuente en la construcción local. Si bien es un recurso de gran antigüedad y difusión en otros mercados es cada vez más extensivo en la Argentina. Su elección está orientada a edificios urbanos por sus ventajas comparativas frente a sistemas constructivos tradicionales como pueden ser, la disminución de los tiempos de obras desencadenando una considerable reducción de costos.

La losa mixta es un sistema constructivo basado principalmente en la acción compuesta de dos materiales que responden conjuntamente para resistir las sollicitacio-

nes, aprovechando la elevada capacidad resistente a compresión del hormigón y a la tracción del acero.

Los elementos que componen este sistema son:

- Placa o chapa colaborante
- Capa de hormigón
- Malla de barras de acero (electrosoldada o no)
- Vigas o perfiles metálicos
- Pernos o conectores de corte
- Armadura superior de refuerzo, cuando esta es requerida
- Molduras para ajustes y terminaciones



Detalle de losa mixta

Placa o chapa colaborante

Es una lámina de acero galvanizada conformada por nervios trapezoidales. Su conformado geométrico otorga gran rigidez a la placa permitiendo cubrir mayores luces sin apuntalamiento y tener mayor capacidad de carga. La textura de sus nervios ayuda a mejorar la adherencia con el hormigón. La variedad en nuestro medio es escasa, sólo se consigue una altura única de nervios, 7,5 cm, y espesores que varían de 0,7 mm a 1,25 mm (calibres 18, 20 y 22). Las dimensiones comerciales de la placa son 85 cm de ancho y su largo varía de 5 m a 14,5 m. Su tensión de fluencia es de 250 Mpa. En otros países, donde el sistema está más industrializado y difundido, existe gran variedad de altura y forma

de los nervios y de las texturas de su superficie.

La placa colaborante posee dos funciones principales:

- Plataforma de trabajo, como encofrado perdido para el hormigón.
- Refuerzo positivo para flexión de la capa de hormigón. Su diseño debe soportar el peso del personal y equipos de trabajo y del hormigón antes del fraguado. Una vez que el hormigón endurece y adquiere resistencia se solidarizan comportándose como un solo elemento estructural, constituyendo una losa mixta. Para ello puede o no requerirse el uso de conectores de corte.

Capa de Hormigón

La resistencia del hormigón mínima es de 250 MPa o H25¹ y su espesor es variable siendo como mínimo de 5 cm por encima de la cresta del nervio de la placa, llegando a un máximo de 12 cm. La altura total de la losa varía entonces entre 12,5 cm y 19,5 cm.

Malla electrosoldada o de barras de acero

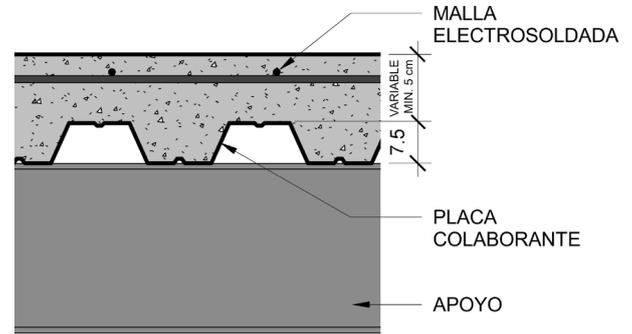
Su función es evitar las fisuras por retracción y temperatura en la capa de hormigón. Para su colocación se deben respetar los recubrimientos indicados en la reglamentación vigente según el grado de exposición del ambiente en el que se encuentre la losa y con un mínimo de 2,5 cm. Según

¹ En reglamentaciones anteriores esta calidad de hormigón era identificada como H21 que aún es conservada por algunos proveedores.

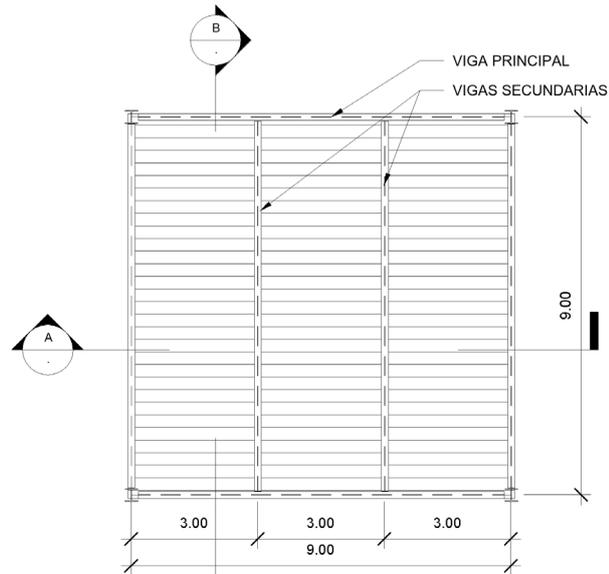
recomendación del Steel Deck Institute, SDI, la cuantía mínima debe cumplir con el 0,075% del área total del hormigón considerando un espesor constante igual al espesor sobre la cresta del nervio de la placa colaborante.

Apoyos, vigas o perfiles metálicos

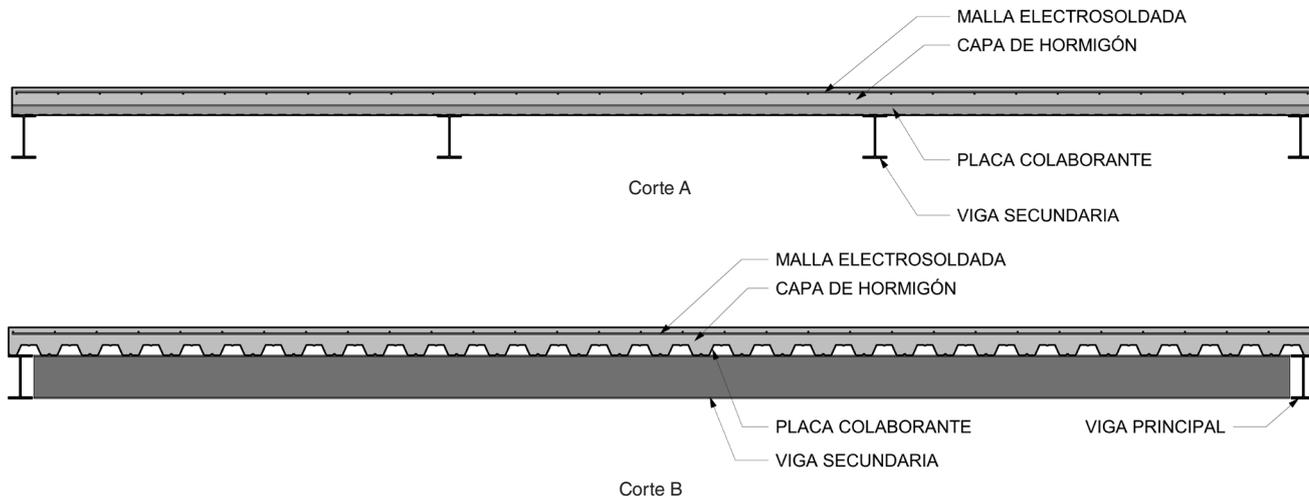
Generalmente se utilizan como apoyos vigas de acero o vigas mixtas de acero y hormigón aunque pueden apoyarse también en vigas de hormigón armado, tabiques y muros de mampostería con una pisada mínima de 5cm. El orden habitual consiste en un entramado de vigas principales y secundarias mixtas. La separación de las vigas secundarias o apoyos directos de la losa mixta, en las tablas comerciales figura como separación entre apoyos y se determina en función de las cargas admisibles que soporta el sistema y de la utilización o no de apuntalamientos intermedios para la placa durante la etapa constructiva. Estas cargas admisibles, al igual que en la mayoría de los sistemas industrializados, incluye la suma de las cargas muertas y sobrecargas que deberá soportar la losa durante su uso (DL+LL), sin considerar su peso propio.



Detalle de losa típica



Planta



Pernos o Conectores de Corte.

Se colocan en los valles de la placa y son embebidos en el hormigón impidiendo el deslizamiento de la chapa sobre los apoyos, lo que aporta mayor rigidez al sistema. Cuando los apoyos son perfiles metálicos, los conectores se colocan en el, fusionándose al ala superior de la viga.

El uso de estos conectores es obligatorio solo en zonas con riesgo sísmico. De no ser así, su uso no es obligatorio pero, su colocación permite incrementar las sobrecargas admisibles del sistema y aumentar la separación entre apoyos

debido al aporte de rigidez al sistema.

En nuestro medio se utilizan con mayor frecuencia los pernos de corte autosoldables Nelson colocados con equipos específicos a través de la placa y sobre las vigas de apoyo. También existen otras patentes comerciales como los pernos de acero conformados en frío tipo Hilti que se colocan clavándose mediante una herramienta de disparo.

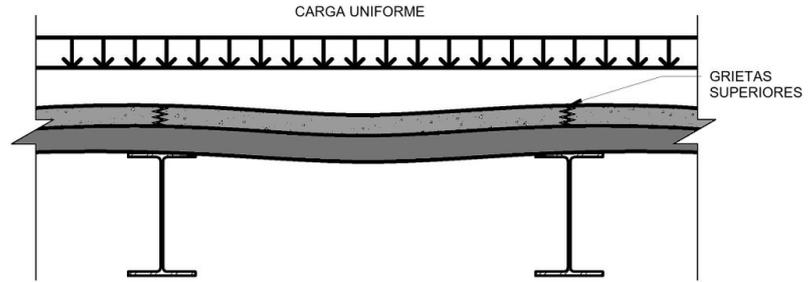
Armadura superior de refuerzo

Las tablas de capacidad de carga del fabricante asumen que la losa se agrietará sobre cada apoyo ya que, prevén

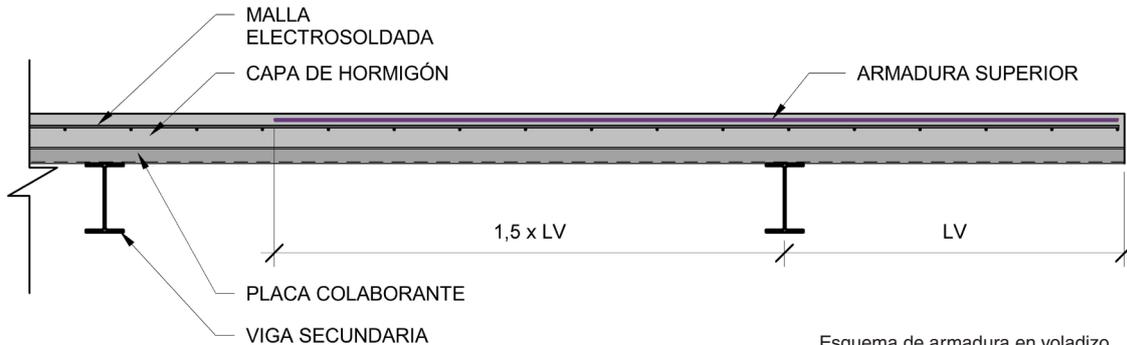
un funcionamiento de losas simplemente apoyadas. Es posible, si se requiere diseñar una losa continua, calcular el refuerzo necesario para cubrir los momentos negativos. Esta armadura adicional ayuda a reducir las fisuras superiores otorgando mayor rigidez y durabilidad a la losa.

Los refuerzos superiores, además de colocarse en los apoyos, se agregan en los bordes perimetrales y de huecos o pases de losa, y también en aquellos casos donde los esfuerzos de punzonado son necesarios, como por ejemplo en las losas para estacionamientos.

Se debe tener en cuenta que en zonas de voladizos la placa colaborante funciona como encofrado perdido y el momento negativo solo es resistido por la malla ubicada en la capa de hormigón por lo que, se requiere agregar armadura superior de refuerzo según cálculo. Es recomendable colocar estas barras con una longitud de anclaje mínima de 1,5 veces la longitud del voladizo.



Esquema de fisuras

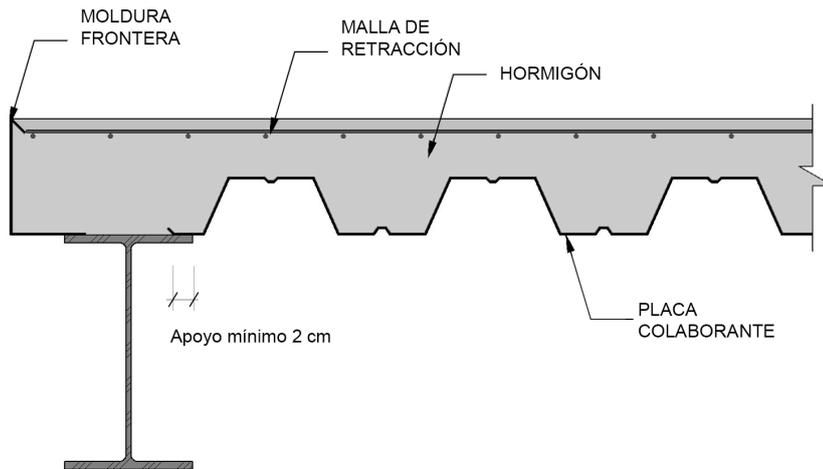


Esquema de armadura en voladizo

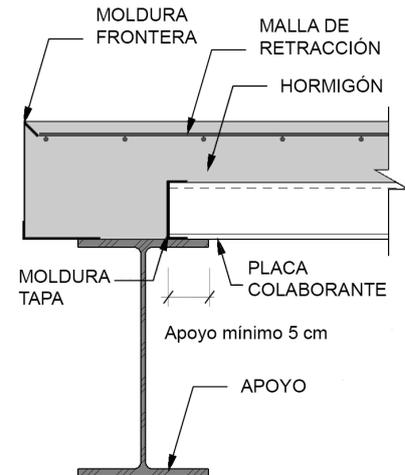
Molduras para ajustes y terminaciones

Comercialmente las más comunes son:

- Moldura Frontera: como su nombre lo indica se ubican en los bordes vistos de las losas.
- Moldura Tapa: se colocan para tapar los extremos de la chapa.
- Moldura soporte, moldura ajuste macho y hembra: son requeridas como piezas de ajuste o empalme en los extremos de los cortes de chapas para garantizar un correcto apoyo sobre las vigas.



Condición de borde paralelo



Condición de borde perpendicular

DISEÑO DE LOSAS MIXTAS

El diseño del sistema requiere, definir el espesor de la losa de hormigón, calibre de la placa colaborante, separación entre apoyos y si corresponde, la separación de apuntalamientos intermedios temporales. A continuación se propone abordar el predimensionado de una losa mixta considerando la sobrecarga admisible y la separación entre apoyos sin el empleo de apuntalamientos.

Procedimiento para el predimensionado

Con el objetivo de predimensionar la losa durante la etapa de anteproyecto, se sugiere la utilización de gráficos que permitan, expeditivamente, determinar la altura total de la misma y el espesor de placa colaborante requerido. El análisis está basado en una losa de un tramo, simplemente apoyado,

utilizando un hormigón H25 y teniendo en cuenta una flecha máxima instantánea igual a $L/360$ para el total de la sobrecarga admisible. Los gráficos elaborados surgen a partir de una adaptación de las tablas de “Capacidad de Carga” de Alcor y pueden dividirse en dos grupos.

El primer grupo consta de dos gráficos, según se utilicen o no conectores, representando la “sobrecarga admisible” para cada calibre de chapa según la luz entre apoyos.

Para el cálculo de la sobrecarga admisible se debe considerar el peso propio de ciellorrasos, contrapisos, solados, tabiquería y sobrecarga de uso del local, sin considerar el peso de la placa y del hormigón de la losa.

Gráfico I. Predimensionado de placa colaborante sin conectores.

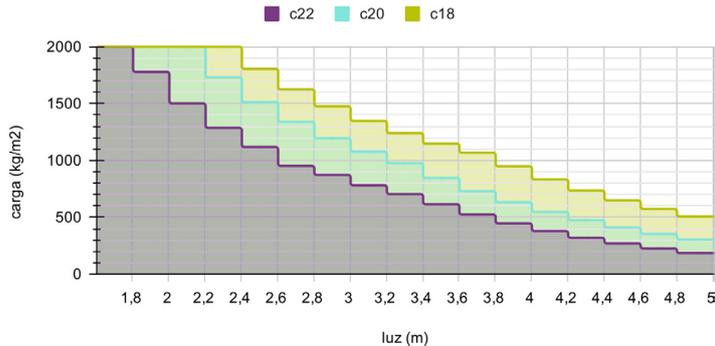
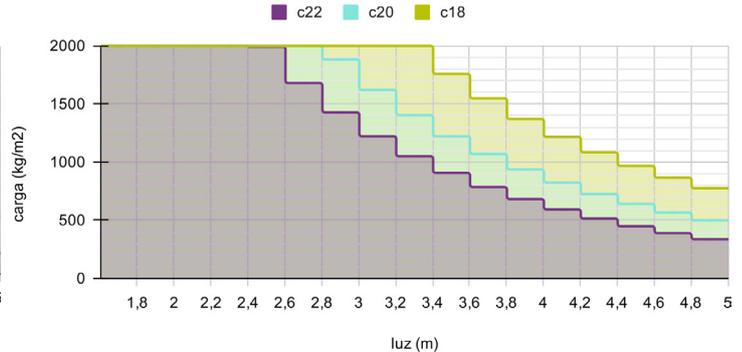


Gráfico II. Predimensionado de placa colaborante con conectores.



Una vez seleccionado el espesor o calibre de la chapa necesario, con el segundo grupo de gráficos se determina el espesor de la capa de hormigón requerido sobre la cresta de la chapa.

Referencias

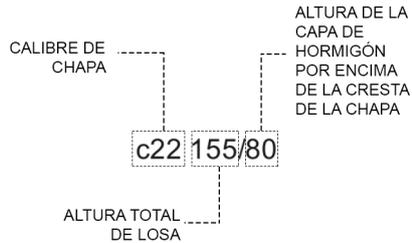


Gráfico 1. Espesores de losa. Sin conectores. Chapa C22

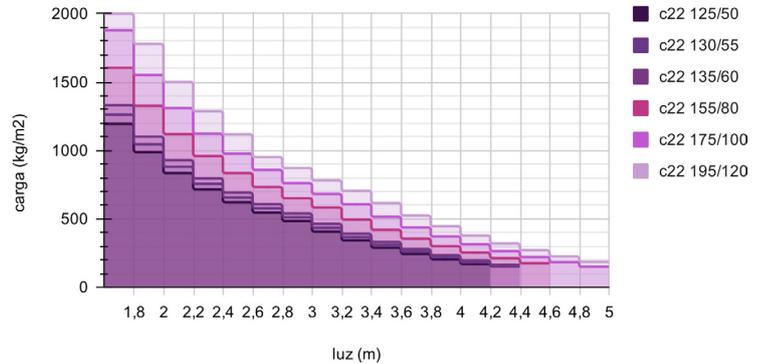


Gráfico 4. Espesores de losa. Con conectores. Chapa C22

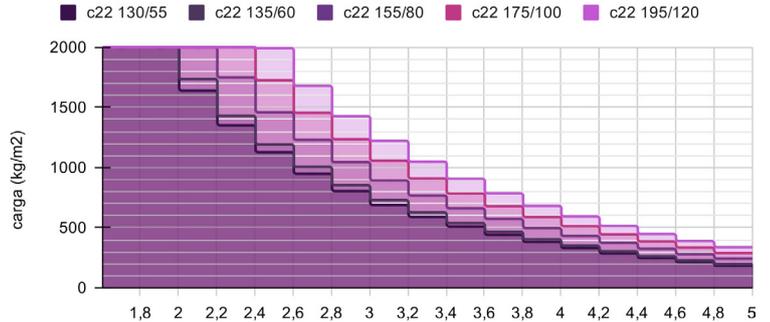


Gráfico 2. Espesores de losa. Sin conectores. Chapa C20

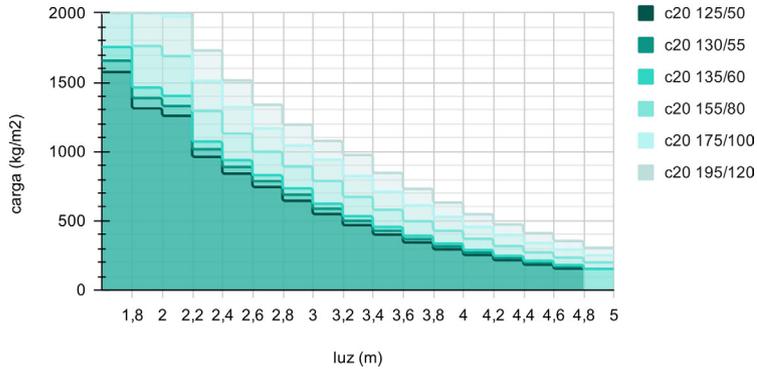


Gráfico 3. Espesores de losa. Son conectores. Chapa C18

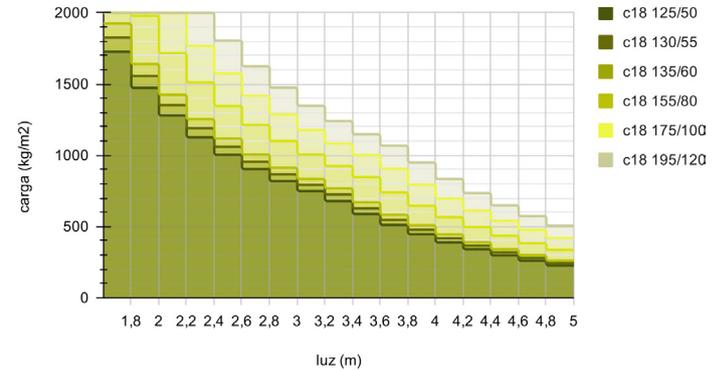


Gráfico 5. Espesores de losa. Con conectores. Chapa C20

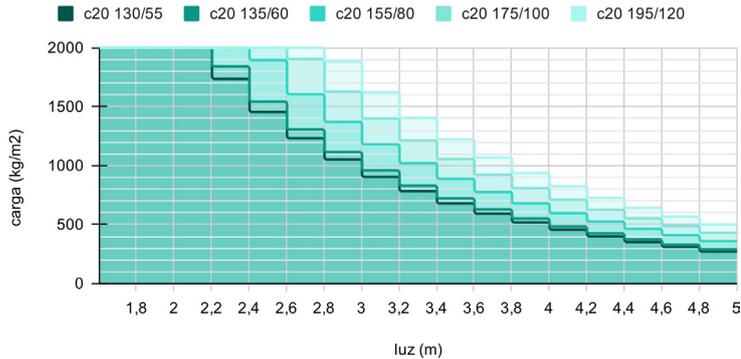
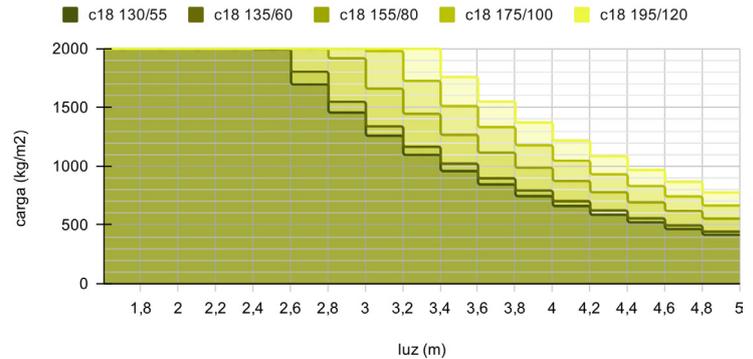


Gráfico 6. Espesores de losa. Con conectores. Chapa C18



Verificación de apuntalamiento temporal

Durante la construcción, la placa colaborante funciona como encofrado o plataforma de trabajo soportando primero el peso de los operarios y equipos utilizados y luego el peso del hormigón fresco. Es por ello que se tiene que verificar la longitud máxima posible sin apuntalamiento, que se obtiene a partir de estimar el peso del hormigón fresco que debe soportar, siendo esta su condición más desfavorable. De ser necesarios apuntalamientos temporales, se deben colocar según lo especificado por el proveedor de la placa. A continuación se muestra el procedimiento utilizando la tabla de Alcor.

Longitud máxima sin apuntalamiento (m)						
Espesor de placa	Tramos de apoyo	Hormigón sobre cresta (mm)				
		Espesor Total de losa (mm)				
		50	55	80	100	120
		125	130	155	175	195
cal. 22 (0,7mm)	Simple 	2,32	2,27	2,06	1,94	1,83
	Doble 	2,9	2,84	2,55	2,27	2,05
	Triple 	2,99	2,93	2,67	2,51	2,33
cal. 20 (0,9mm)	Simple 	2,84	2,78	2,52	2,36	2,23
	Doble 	3,46	3,4	3,11	2,92	2,77
	Triple 	3,58	3,51	3,21	3,02	2,86
cal. 18 (1,25mm)	Simple 	3,52	3,44	3,11	2,91	2,74
	Doble 	4,18	4,1	3,76	3,54	3,35
	Triple 	4,2	4,16	3,88	3,66	3,47

Fuente: ALCOR

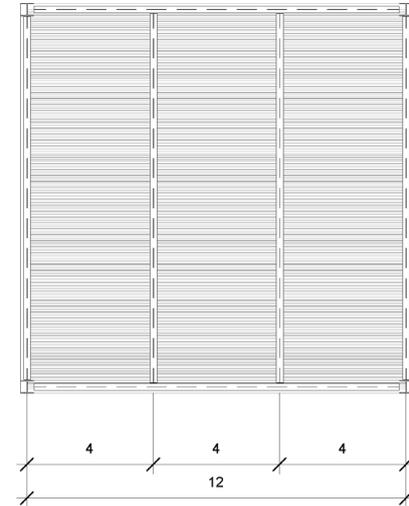
Es decisión del proyectista apuntalar o no las losas. El no apuntalar permite ahorrar tiempos de obra ya que es posible trabajar simultáneamente en varios niveles con equipos de diferentes rubros.

Si no se puede apuntalar ya sea por razones de diseño y/o constructivas y no verifica la longitud máxima sin apuntalamiento, se debe disminuir la distancia entre apoyos de la placa, agregando vigas intermedias.

Ejemplo de cálculo

En este segmento, se desarrolla un caso práctico para ejemplificar el método de predimensionado propuesto. El ejemplo consiste en una biblioteca con posibilidad de acopio de material de lectura por lo que la sobrecarga de uso a utilizar será de 500 kg/m^2 (Cirsoc 101-2005). Se determina además que no se utilizarán conectores de corte sobre las vigas.

Luz de cálculo: 4.00 m



Planta esquemática de la estructura



ANÁLISIS DE CARGA

Baldosas cerámicas

Carpeta

Sobrecarga de uso (Biblioteca)

Total

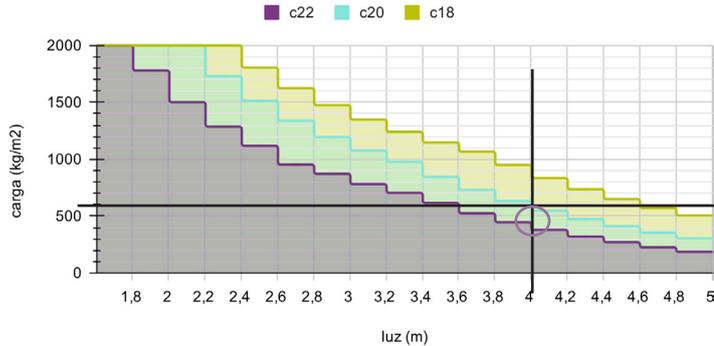
20 kg/m²

65 kg/m²

500 kg/m²

585 kg/m²

Gráfico I. Predimensionado de placa colaborante sin conectores



Según la tabla para predimensionado de una losa sin conectores de corte, se debería utilizar chapa de calibres 20 o 18.

Gráfico 2. Espesores de losa. Sin conectores. Chapa C20

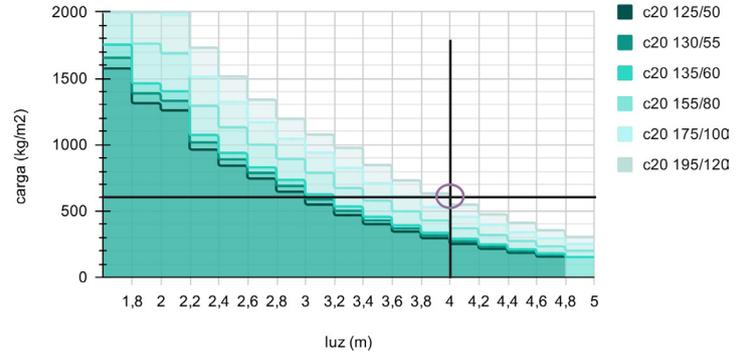
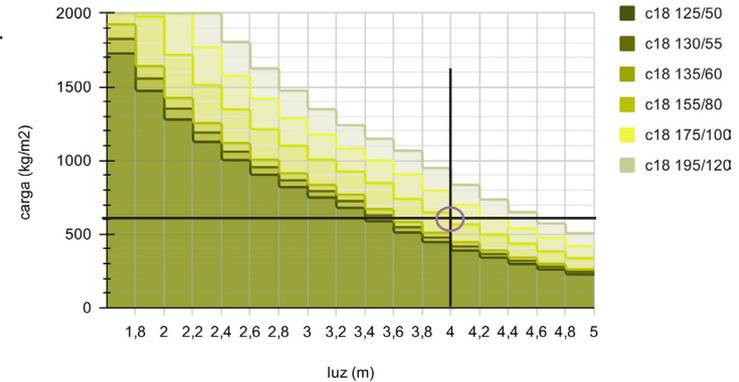


Gráfico 3. Espesores de losa. Sin conectores. Chapa C18



Ahora se está en condiciones de determinar el espesor total de la losa. Para el ejemplo obtenemos lo siguiente:

a) para chapa calibre 20, una altura total de losa de 195 mm, donde por diferencia con la altura de la chapa se obtiene que son necesarios 120 mm de capa de hormigón.

b) para chapa calibre 18, una altura total de losa de 155 mm, donde por diferencia con la altura de la chapa se obtiene que son necesarios 80 mm de capa de hormigón.

Al tener la losa tramos consecutivos, se comporta como un elemento estructural continuo, y por lo tanto, se debe disponer de armadura superior en los apoyos para absorber los momentos negativos, sobre todo si se quiere otorgar mayor durabilidad a la estructura, mayor rigidez al sistema o si se desea no respetar las separaciones entre apoyos especificadas en las tablas de los proveedores.

Verificación:

Para verificar el predimensionado realizado, se procede a controlar la capacidad de carga de las losas mixtas utilizando las tablas de los proveedores como por ejemplo en este caso Alcor.

Una losa con 120 mm de capa de hormigón o sea, de 195 mm de espesor total, y realizada con chapa calibre 20, resiste 632 kg/m² de sobre carga admisible y una losa con

80 mm de capa de hormigón o sea, de 155 mm de espesor total y realizada con chapa calibre 18, resiste 646 kg/m² como sobrecarga armisible.

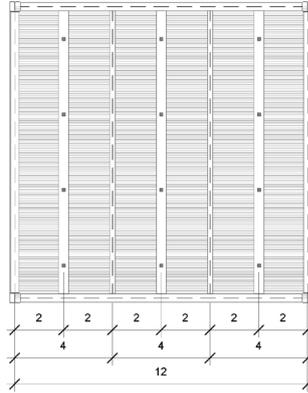
Resulta por lo tanto, que ambos casos resisten una sobrecarga admisible superior a la de diseño (585 kg/m²).

A continuación se verifica la longitud máxima requerida sin apuntalamiento. En este caso, se observa que ninguna de las dos alternativas verifica, por lo que se requiere apuntalar respetando la separación máxima indicadas en las tablas.

Longitud máxima sin apuntalamiento (m)						
Espesor de placa	Tramos de apoyo	Hormigón sobre cresta (mm)				
		Espesor Total de losa (mm)				
		50	55	80	100	120
		125	130	155	175	195
cal. 22 (0,7mm)	Simple	2,32	2,27	2,06	1,94	1,83
	Doble	2,9	2,84	2,55	2,27	2,05
	Triple	2,99	2,93	2,67	2,51	2,33
cal. 20 (0,9mm)	Simple	2,84	2,78	2,52	2,36	2,23
	Doble	3,46	3,4	3,11	2,92	2,77
	Triple	3,58	3,51	3,21	3,02	2,86
cal. 18 (1,25mm)	Simple	3,52	3,44	3,11	2,91	2,74
	Doble	4,18	4,1	3,76	3,54	3,35
	Triple	4,2	4,16	3,88	3,66	3,47

Fuente: ALCOR

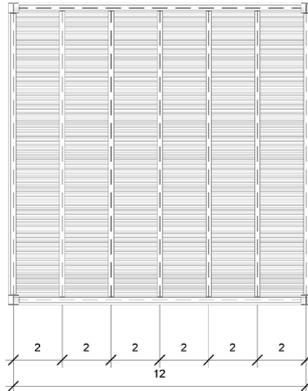
Alternativa 1: Para la losa de 195 mm con chapa calibre 20, se agregan puntales intermedios temporales resultando una separación máxima entre apoyos de 2 m, verificando así la separación máxima indicada en la tabla.



Esquema estructural en planta de la alternativa 1



Alternativa 2: Para la losa de 155 mm con chapa calibre 18, se modifica el módulo de vigas respetando la separación máxima indicada en la tabla anterior para así evitar el apuntalamiento temporal.



Esquema estructural en planta de la alternativa 2



SECUENCIA CONSTRUCTIVA

La secuencia constructiva para la fabricación de losas mixtas es la siguiente:

1. Colocar las vigas metálicas o apoyos de la losa.
2. Posicionar las placas, fijándolas a la viga, con clavos de disparo, autoperforantes o soldaduras tapón. La unión longitudinal de las placas se fija con tornillo autoperforante en la pestaña del borde hembra cada 30 cm o 40 cm para evitar que el hormigón se filtre. La unión transversal de placas debe realizarse sobre las vigas con una superposición mínima de 5 cm.
3. Si se colocan conectores de corte se procede a su colocación respetando las indicaciones del fabricante.
4. A continuación, colocar la malla de retracción respetando un recubrimiento superior mínimo de 2,5 cm o bien lo indicado en la reglamentación vigente.
5. Si fuera requerido se debe colocar la armadura de refuerzo superior en apoyos.
6. Antes del colado del hormigón y si fuera necesario, proceder al apuntalamiento respetando lo indicado en la tabla

del proveedor de la placa. Para ello es recomendable utilizar tablas de 30 cm de ancho como mínimo para así evitar el marcado de la chapa en la cara inferior.

7. Hormigonar teniendo en cuenta el espesor de hormigón requerido.
8. Extraer el apuntalamiento cuando el hormigón alcance el 80% de su resistencia, asegurando como mínimo 10 días. Durante este tiempo se debe controlar el correcto curado del hormigón.

RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA:

- La chapa debe apoyar sobre los bordes longitudinales como mínimo 2 cm en vigas perimetrales o muros. Si no tienen apoyos se necesita apuntalar temporalmente.
- De necesitar apuntalamiento, verificar no exceder las distancias máximas. En caso de alisar superficie con helicóptero se debe reforzar el apuntalamiento para no perder adherencia del hormigón con la placa por la posible deformación de la chapa durante la etapa constructiva.
- En zona de perforaciones, que comprometan la resistencia de la placa colaborante, se debe agregar siempre refuerzos.
- El sistema no admite cargas altas concentradas. De tener cargas puntuales considerables se pueden utilizar las tablas comerciales determinando una carga equivalentemente distribuida mayorada en un 30%. Además, se debe verificar el punzona-

do en el hormigón colocando armadura de refuerzo si fuera necesario.

- Para estacionamientos el espesor mínimo de hormigón sobre la cresta es de 7,5 cm para considerar el desgaste por rodamiento.
- En caso de tener voladizos, la chapa solo funciona como encofrado perdido por lo que, se deberá determinar el espesor del hormigón sobre la cresta en función de la longitud del mismo y calcular la armadura de refuerzo para momentos negativos.

HUECOS O PERFORACIONES

Las perforaciones o huecos se pueden clasificar en 3: pequeñas, medianas o grandes.

- Las pequeñas perforaciones (pases de cañerías), son aquellas que poseen dimensiones menores a los 30 cm de ancho y no requieren ajustes en el proyecto considerando su efecto despreciable.
- Las aberturas medianas (conductos mecánicos o agrupación de cañerías), con dimensiones de entre 60 cm y 90 cm, requieren el cálculo de refuerzos para resistir y redistribuir adecuadamente las solicitaciones. Los refuerzos pueden constituirse en barras de acero o bien perfiles de acero embebidos en el hormigón.
- Las aberturas grandes (huecos de escaleras o ascensores), requieren el diseño de soportes o vigas en sus bordes.

Las perforaciones, cuando son pequeñas o medianas, pueden realizarse antes del colado del hormigón o una vez que éste haya endurecido. Esta decisión influirá en el área y tipo de refuerzos requeridos ya que, una vez endurecido el hormigón, no puede despreciarse el aporte resistente del mismo. En ambos casos se requiere prever la ubicación de la perforación, de los refuerzos necesarios y de tapa-juntas con anticipación al colado, para quedar embebidos en el hormigón.

Siempre son recomendables realizar estas perforaciones alejadas de las



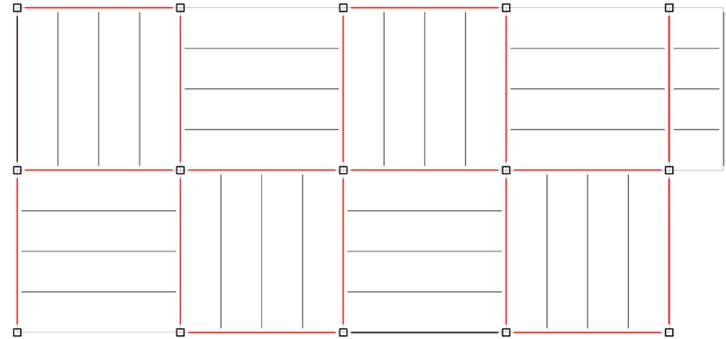
proximidades de los apoyos para evitar las máximas solicitaciones de corte. En su defecto, además de los refuerzos requeridos a flexión, deberá verificarse la resistencia al corte de la sección y colocarse refuerzos si hicieran falta.

ALTERNATIVAS DE ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL

En la búsqueda de estructuras eficientes se proponen dos alternativas para la distribución de los elementos resistentes.

Alternativa 1: Distribución de vigas secundarias en damero para lograr cargas homogéneas en las vigas principales y columnas. Las vigas principales reciben solo las cargas de una sola losa. Esto es muy útil cuando las vigas son largas y se requiere reducir las solicitaciones en las mismas. Es posible armar voladizos por sectores en todo el perímetro.

Alternativa 2: Distribución de vigas principales en un sentido y secundarias en el otro. Esta distribución es conveniente cuando la luz de las vigas es menor. Es posible armar voladizos en caras enfrentadas.



ALTERNATIVA 1- ARMADO EN DAMERO



ALTERNATIVA 2- ARMADO EN UN SENTIDO