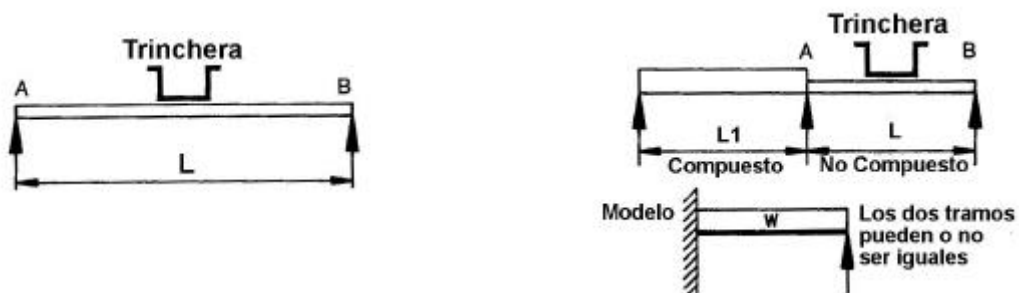


6) Instalación de Trincheras de distribución eléctrica - Verificación de los Tableros Metálicos.

Cuando se instalan trincheras para distribuir los cables de suministro de energía eléctrica, dispuestas en dirección transversal a los tableros metálicos, se interrumpe la acción compuesta de los mismos que se desarrolla con el hormigón vertido, ya que la trinchera ocupa el lugar de la carpeta de hormigón comprimida. El tablero se transforma entonces en el elemento estructural resistente del tramo donde se ubica la trinchera.

En esas condiciones, el tablero metálico se verificará de acuerdo a las condiciones de vínculo impuestas por su entorno. Las cargas a considerar serán las mismas que le corresponden a los otros tramos sin trinchera, ya que el peso de la misma se lo considera equiparado al del hormigón y al peso propio del tablero metálico.

A continuación se indican los esquemas de cálculo y los estados de carga que deben ser considerados para verificar la resistencia y las deformaciones de tableros metálicos que soportan trincheras en sus tramos.



Tramo Simplemente Apoyado

$$+M = \frac{W_D + W_L \cdot L^2}{8}$$

$$\Delta = \frac{0.13 \cdot W_L \cdot L^4 \cdot 1728}{E \cdot I} \leq \frac{L}{360}$$

Dos Tramos Continuos

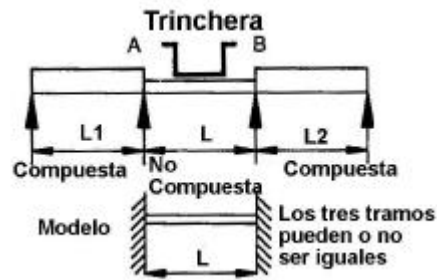
$$-M = W_D + W_L \cdot \frac{L^2}{8}$$

$$-M = 9 \cdot W_D + W_L \cdot \frac{L^2}{128}$$

$$\Delta = \frac{W_L \cdot L^4 \cdot 1728}{185 \cdot E \cdot I} \leq \frac{L}{360}$$

En estas expresiones es:

- L : La longitud del tramo no compuesto.
- W_L : Es la Carga Viva.
- W_D : Es la Carga Muerta o Carga Permanente.
- I : Es el momento de inercia del tablero metálico solo.



Tres Tramos Continuos

$$-M = bW_D + W_L q \cdot \frac{L^2}{24}$$

$$-M = 9 \cdot bW_D + W_L q \cdot \frac{L^2}{12}$$

$$\Delta = \frac{W_L \cdot L^4 \cdot 1728}{384 \cdot E \cdot I} \leq \frac{L}{360}$$

Como resultado de esta verificación, puede surgir la necesidad de utilizar un tablero metálico cuya chapa sea de mayor espesor (menor calibre) que la utilizada para el resto de la planta o bien como alternativa, se puede reducir la luz del vano que contiene la trinchera.

En los casos en que como tableros metálicos, se utilicen también elementos celulares (nervaduras cerradas por la parte inferior) puede aprovecharse la sección adicional brindada por la chapa o elemento de cierre inferior. En tal caso, para el cálculo de las características de la sección resultante y de acuerdo a la distribución de los conductos celulares y no celulares, se hará un prorrateo de las características pertenecientes a cada tipo, en el ancho de cálculo adoptado.

7) Verificación de Secciones mixtas de Tableros Metálicos sometidos a cargas concentradas o distribuidas.

Es común que sobre una losa constituida por un tablero metálico compuesto actúen cargas concentradas (aplicadas sobre placas de apoyo de superficie relativamente reducida), cargas distribuidas linealmente (muros, elementos divisorios, etc.) en dirección paralela o perpendicular a los nervios del tablero metálico. En estos casos es necesario verificar ciertas condiciones locales de punzonamiento, corte y flexión.

7.1) Verificación del Punzonamiento

Supondremos que la carga P apoya en una placa de lados $b_1 \times b_2$ en los que b_1 es el ancho de la placa en la dirección paralela a los nervios del tablero y b_2 es la dimensión en dirección perpendicular a los mismos. En estas condiciones debe cumplirse:

$$\frac{P}{t_o \cdot p_i} \leq 0.29 \cdot \sqrt{f'_c}$$

En la que:

P : es la carga nominal actuante (kg).

t_o : es el espesor de la carpeta de hormigón (cm).

f'_c : es la resistencia cilíndrica del hormigón (kg/cm^2).

p_i : es el perímetro crítico de punzonamiento considerado (cm):

$$p_i = 2 \cdot (b_1 + b_2 + 2 \cdot t_o)$$

7.2) Verificación por Corte

En este caso se supone que el esfuerzo de corte V , contenido en el plano de la sección compuesta (paralela a los apoyos), actúa sobre cierto *ancho efectivo* b_e que depende de las dimensiones de la placa y del espesor de la carpeta de hormigón. Este ancho efectivo puede calcularse como:

$$b_e = b_2 + 11 \cdot d \cdot \left(\frac{t_o}{d_g} \right)^3$$

$$b_e = b_2 + \frac{4}{3} \cdot x \quad \text{y no mayor que:}$$

$$b_e = b_2 + \frac{2}{3} \cdot L$$

En las que, los términos aún no definidos, son:

d : Espesor total de la sección mixta ($h_r + t_o$) en cm.

d_o : es la distancia al baricentro del tablero metálico sólo, de altura h_r , medida desde el nivel superior del tablero de hormigón.

L : es la longitud del tramo entre apoyos.

x : es la distancia desde el borde más próximo de la placa de apoyo, hasta el borde interior del ala del perfil sobre el que apoya. El valor mínimo de x que debe adoptarse es $x = d$.

$$\frac{V \cdot b_t}{3 \cdot \text{mín}b_e \cdot A_r} \leq 1.1 \cdot \sqrt{f'_c}$$

en la que:

$\text{mín}b_e$: es el menor de los tres valores de ancho efectivo b_e más arriba indicados.

b_t : es el ancho útil del tablero metálico (en nuestro caso el fabricante indica $b_t = 95$ cm).

A_r : es la sección de un nervio de hormigón, variable con el espesor de la carpeta t_o del hormigón.

$$A_r = w_r \cdot h_r + t_o$$

en esta expresión es:

w_r : es el ancho medio del nervio de hormigón en la altura total d .

En este procedimiento se está considerando implícitamente, que el esfuerzo de corte debido a la carga aplicada, es absorbido enteramente por los nervios de hormigón sin tener en cuenta la participación de los nervios del tablero metálico.

7.3) Verificación por Flexión

Para la verificación particular de la sollicitación por flexión del caso que se analiza, haremos dos consideraciones. La primera consiste en verificar la capacidad portante de la sección compuesta del tablero metálico bajo la carga adicional actuante (concentrada o distribuida) y en la segunda se trata de asegurar la participación de los nervios contiguos, contenidos dentro del ancho efectivo determinado, para soportar la carga que se considera.

- a) Para el caso en que actúa una carga concentrada P , por ejemplo en el medio del tramo, es posible determinar una carga distribuida equivalente q_{eq} que produzca el mismo momento flexor que la carga P distribuida en su ancho efectivo $\text{mín}b_e$.

$$\frac{P \cdot L}{4} \cdot \frac{1}{\text{mín}b_e} = \frac{q_{eq} \cdot L^2}{8}$$

de aquí:

$$q_{eq} = \frac{2 \cdot P}{L} \cdot \frac{1}{\text{mín}b_e}$$

La capacidad portante requerida por la sección mixta y que debe ser obtenida del catálogo del fabricante, estará dada por la suma de la carga q_{eq} determinada, más la que resulta de la consideración de las cargas permanentes en la condición de hormigón endurecido (solado, contrapisos, tabiquería, etc.).

No obstante, si la carga actuante es una carga distribuida (por ejemplo un tabique divisorio) en dirección perpendicular a los nervios, deberá sumarse a la carga equivalente q_{eq} que corresponde a la misma, las cargas permanentes antes mencionadas y las sobrecargas útiles que pueden estar actuando a ambos lados del tabique y que corresponden probablemente a locales distintos. La capacidad portante del tablero metálico compuesto será la suma total de las tres cargas mencionadas.

Cuando las cargas resultan excesivas, es conveniente disponer un perfil de acero intermedio para acortar la luz de los tableros metálicos.

En todos los casos convendrá realizar una verificación de las deformaciones de los tableros compuestos en la forma que se indica en el Apéndice “*Determinación de la Capacidad de Carga final (Post Composite) de los Tableros Metálicos...*” Punto 3) “*Análisis de las deformaciones en tableros simplemente apoyados*”. Debe tenerse en cuenta, que el momento de inercia que corresponde a la sección homogeneizada que allí se adopta, es un promedio de los correspondientes a la sección fisurada y a la sección no fisurada.

- b) En dirección transversal a los nervios del tablero metálico se deberá disponer de una armadura capaz de resistir el momento flexor M_d (momento distribuido por unidad de longitud) producido por la carga P , dado por:

$$M_d = \frac{P \cdot máxb_e}{15 \cdot w}$$

en la que:

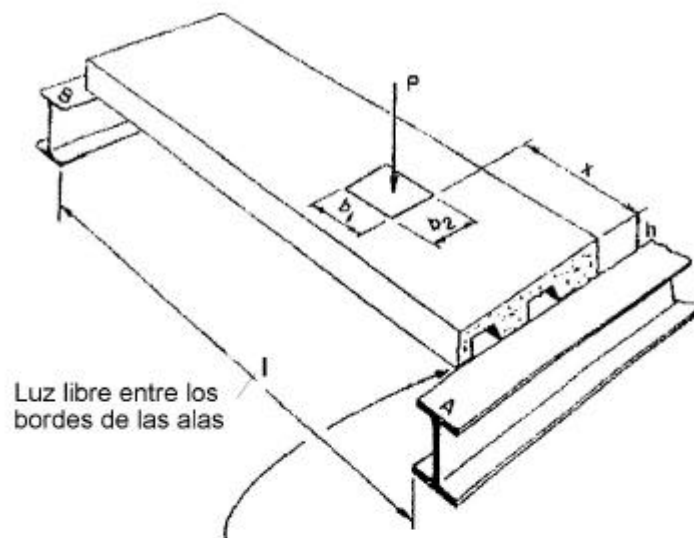
$máxb_e$: es el mayor de los tres valores de ancho efectivo b_e indicados.

w : es la longitud de distribución de la carga, en el sentido de los nervios:

$$w = \frac{L}{2} + b_1 \leq L$$

b_1 : es, como dijimos, la longitud del borde de la chapa o placa de apoyo en la dirección de los nervios.

La sección de hormigón que debe considerarse para la determinación de la armadura distribuida es la de una faja de espesor t_o y ancho unitario (ver Figura 10).



El Tablero ha sido recortado en la figura hacia atrás, para mostrar que la distancia X está medida sobre los bordes de la luz libre.

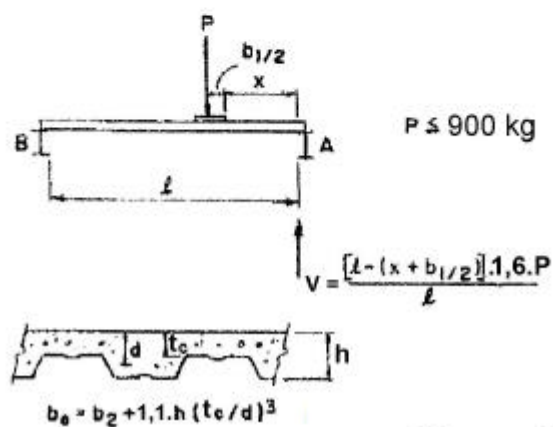


Figura 10

8) Aberturas en losas con tableros metálicos.

Generalmente los agujeros en las losas con tableros metálicos se realizan después del hormigonado. Previamente a la etapa de hormigonado deben prepararse elementos que aislen el hormigón del tablero metálico: bordes de madera o chapas de acero delgadas, telgopor, etc. El tablero metálico será recortado una vez que el hormigón alcanzó el 75% de la resistencia prevista en el proyecto.

Después del hormigonado deben evitarse aberturas de agujeros que provoquen excesivas vibraciones y que afecten la superficie de contacto entre el tablero y el hormigón.

8.1) Aberturas Pequeñas

Se denominan *aberturas pequeñas* a aquellas aberturas cuya dimensión mayor no supera los 200 mm. Para estas aberturas no es necesario considerar ninguna armadura adicional de refuerzo en la sección compuesta. Estas aberturas podrán ser ejecutadas después de las operaciones de hormigonado, mediante máquinas agujereadoras o sierras con coronas o dientes de alta dureza. La distancia mínima entre los centros de agujeros consecutivos debe ser mayor a dos veces el diámetro del agujero. En las regiones en que el hormigón participe del ancho efectivo de las vigas compuestas, la distancia mínima entre agujeros ser aumentada a cinco veces el diámetro del agujero.

8.2) Aberturas Grandes

Son aberturas en las que una de sus dimensiones es mayor a 200 mm. En este caso, deben colocarse armaduras de refuerzo en los bordes del agujero. Estas armaduras de refuerzo están constituidas por una *armadura longitudinal* y otra *armadura transversal* cuya determinación se indica a continuación:

- a) *Armadura Longitudinal*: Esta armadura será ubicada en las acanaladuras del tablero contiguas a la abertura. La sección de las barras de acero adicional debe coincidir con la sección transversal de tablero metálico eliminada, aun cuando la calidad del acero de las barras sea superior a la del acero del tablero.

Una precaución que deberá tomarse es la de anclar debidamente las barras adicionales en los apoyos, de acuerdo al reglamento de hormigón armado aplicado.

- b) *Armadura Transversal*: Esta armadura coincide con la armadura convencional de distribución de las losas armadas en una dirección. Será ubicada en dirección perpendicular a la dirección de los nervios del tablero, apoyándose directamente sobre el ala superior de los mismos. Esta armadura se prolongará en una longitud no menor a dos acanaladuras, hacia cada lado de la abertura.

La armadura transversal no será menor al 20% de la armadura longitudinal, dispuesta en tres barras como mínimo y con una separación no mayor a 300 mm.

Opcionalmente, las armaduras de distribución pueden ser sustituidas por perfiles U, laminados o conformados en frío. Se dispondrán vigas en el contorno de la abertura, cuando la dimensión perpendicular a las acanaladuras del tablero exceda los 600 mm.

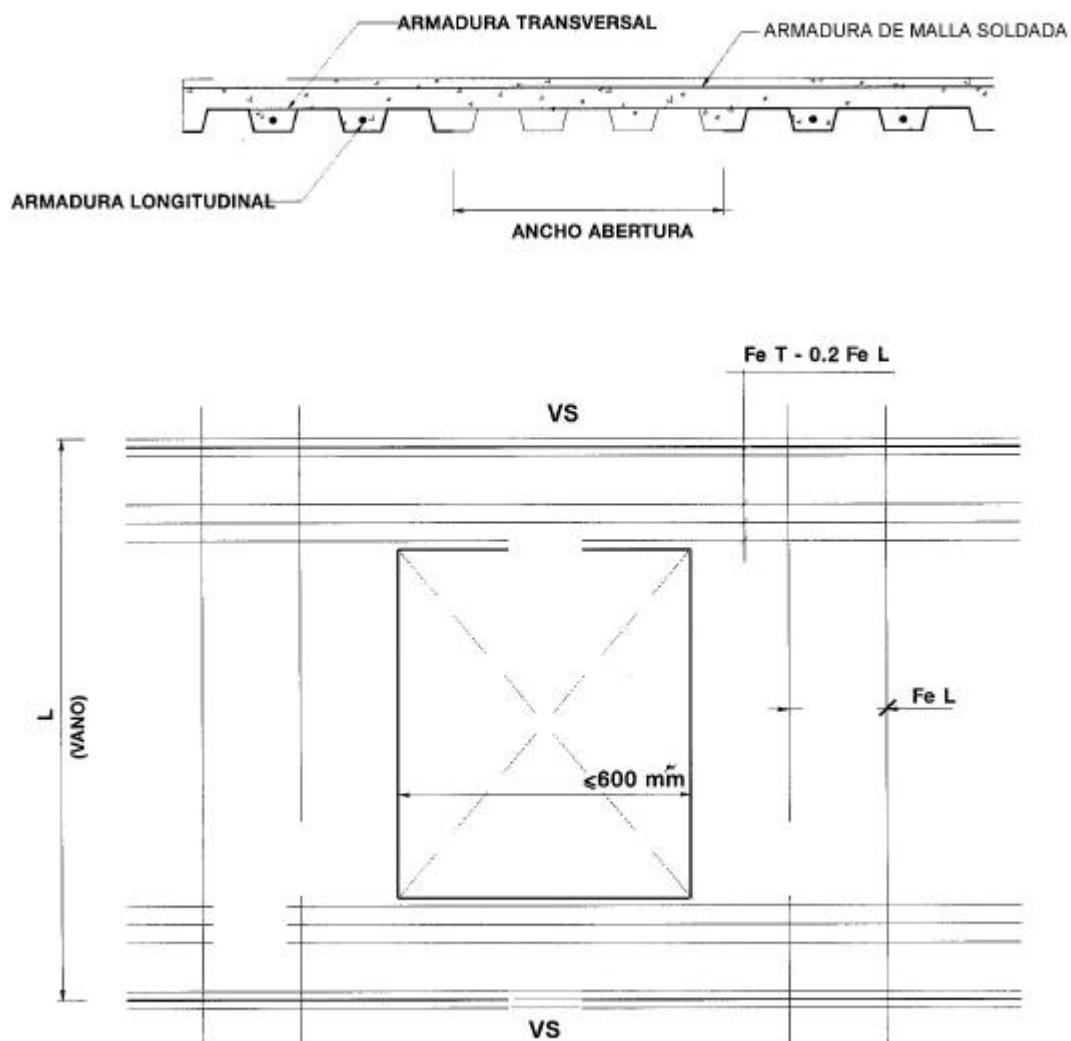


Figura 11