

## TABLEROS METÁLICOS

***Proyecto y dimensionamiento de Tableros Metálicos para su aplicación como losas portantes compuestas, según las Especificaciones Allowable Stress Design del American Institute of Steel Construction y del Design Manual del Steel Deck Institute de U.S.A.***

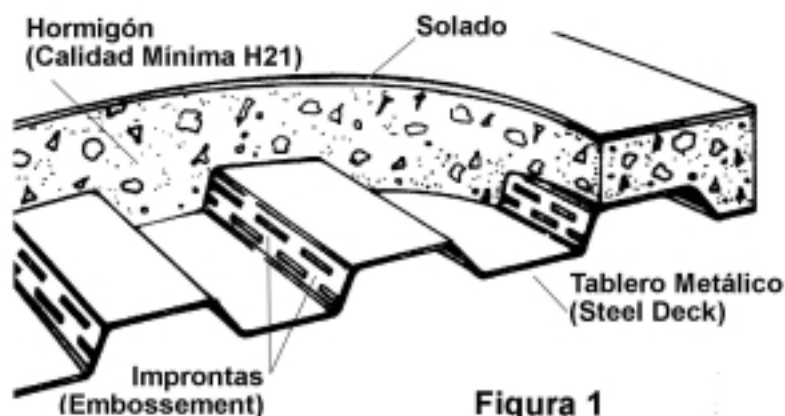
### 1) Objetivo

El presente Manual describe el procedimiento utilizado corrientemente para determinar las dimensiones adecuadas de los Tableros Metálicos (*steel deck*) que se utilizarán para construir los pisos de un edificio, cualquiera sea su destino. También se incluyen referencias y recomendaciones sobre los procedimientos constructivos de colocación e instalación y además se brindan los procedimientos de cálculo necesarios para el dimensionamiento de vigas de acero compuestas, que trabajan en forma combinada con el hormigón contenido por el tablero metálico.

### 2) Definiciones

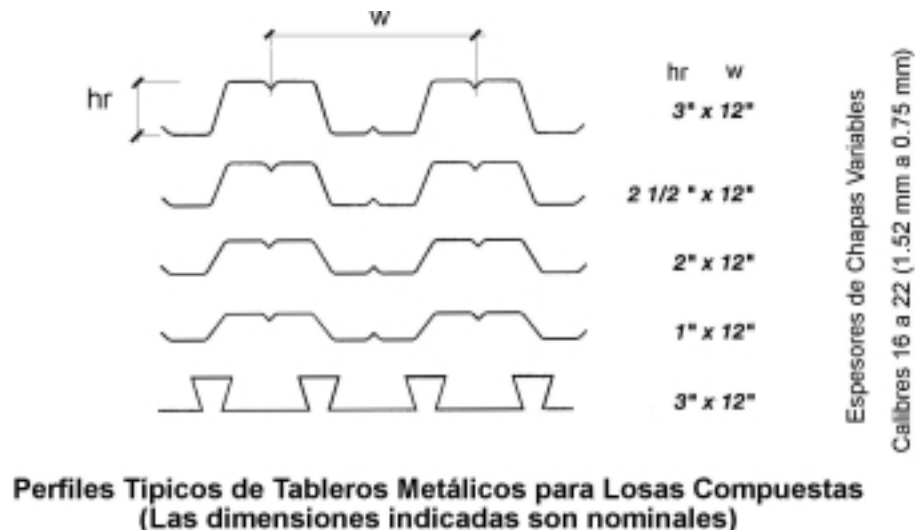
Se llama Tablero Metálico (*steel deck*) a una chapa conformada de acero galvanizado de onda tipo trapezoidal cuya sección o perfil transversal posee formas diferentes y tiene distintas dimensiones. Su superficie está marcada con improntas o relieves de distintos diseños, repujados por estampado en frío (*embossement*). La finalidad del tablero es contener el hormigón de una losa, actuando meramente como encofrado de la misma o bien como armadura de la sección compuesta que se forma al quedar vinculados el hormigón y la chapa (ver Figura 1).

Las improntas de la superficie del tablero tienen por objeto impedir el deslizamiento relativo entre el hormigón y la chapa durante la flexión de la losa y permitir que se desarrolle la acción compuesta del hormigón y el acero mediante la transferencia de las tensiones de corte originadas por la flexión. La chapa de acero es galvanizada por razones de durabilidad y por lo tanto, la adherencia entre el hormigón y la chapa de acero es despreciable en tales condiciones y necesita, por lo tanto, de las improntas o protuberancias para transferir los esfuerzos mencionados.



Debido a los diferentes radios de curvatura que adquieren el hormigón vertido ya endurecido y el tablero metálico, durante la flexión del conjunto, la superficie de contacto de la chapa tiende a separarse del hormigón (*uplift*). El estampado o protuberancias de la chapa, especialmente las ubicadas en los nervios, evitan también ese desprendimiento.

Las características de estos tableros dependen en general de los fabricantes y existe una considerable variedad de los mismos. Por ejemplo, la altura de la onda trapezoidal puede variar desde los 38 mm hasta los 152 mm y los espaciamientos entre los ejes de los nervios puede variar de 152 mm a 305 mm. Los espesores de las chapas de hierro utilizadas en su fabricación van desde calibre G 24 (0.61 mm) a G 16 (1.52 mm).



**Figura 2**

### 3) Aplicaciones

El tablero metálico puede utilizarse, como se dijo más arriba, como encofrado de losas de hormigón armado o bien para que desarrolle una acción compuesta con el hormigón, comportándose como la armadura traccionada del mismo.

Este tipo de solución compuesta puede ser aplicado en todas aquellas situaciones donde es necesario construir una losa de hormigón: viviendas, oficinas, garajes, entresijos, etc.

La intensidad y naturaleza de las sobrecargas útiles determinará las características de la sección o perfil del tablero metálico y las verificaciones estándar o particulares que deberán realizarse para asegurar su capacidad portante.

#### 3.1) Aspectos más destacables de su utilización

Las etapas que corresponden a la instalación de los tableros metálicos y al vertido del hormigón pastoso deben ser cuidadosamente realizadas e influyen en su dimensionamiento.

Las cargas originadas por el hormigón no endurecido y las cargas de trabajo – personal, equipo, entablonados, etc.- deben ser soportadas por los tableros metálicos trabajando en forma totalmente aislada e independiente de la colaboración del hormigón.

Las condiciones de sustentación del tablero son las que corresponden, naturalmente, a su apoyo sobre las vigas principales o secundarias y por las que puede ser considerados como

simplemente apoyados o continuos de dos o tres vanos. Las luces entre apoyos están determinadas por las distancias entre vigas y por la posibilidad de que los tableros estén apuntalados, o no, en puntos intermedios de los vanos entre vigas.

Una vez que el hormigón ha alcanzado su resistencia de trabajo se supone que cada tramo, a menos que se verifique de otro modo, es simplemente apoyado.

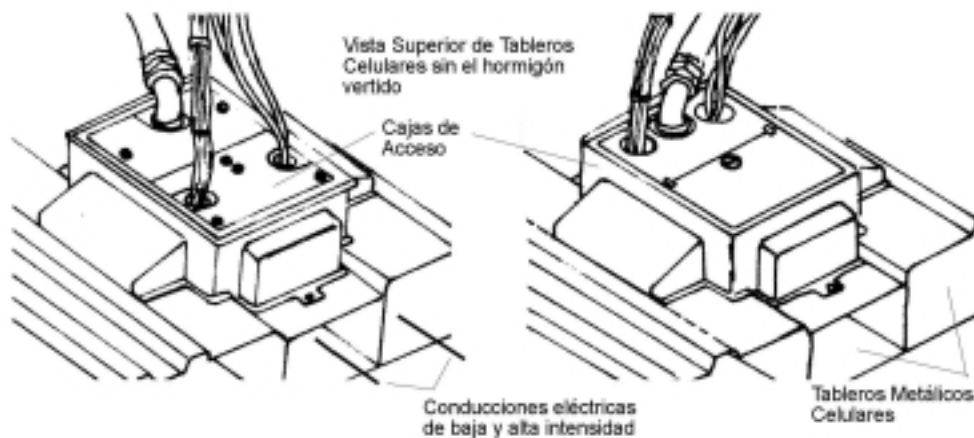
Cabe destacar que el tablero metálico se desempeña en estas etapas preliminares, como un perfil de chapa plegada en frío y debe ser verificado según las especificaciones de cálculo disponibles. En este caso, es usual utilizar la *Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members* del *American Iron and Steel Institute* en sus versiones de *Tensiones Admisibles* o de *Estados Límites (LRFD)*.

Para la verificación del perfil del tablero deberán utilizarse las características relativas a los anchos efectivos de su sección, información que deberá ser provista por el fabricante junto con la tensión de fluencia garantizada, del acero utilizado.

### 3.2) Otras Características

Existe la posibilidad de que algunas nervaduras invertidas de los tableros estén cerradas en su cara inferior de modo que quede constituido un conducto - entre el ala superior del tablero, los nervios laterales y una chapa inferior adicional de cierre – denominado *celda*.

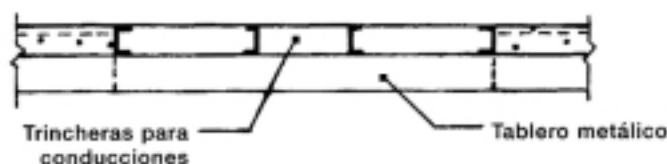
Estas celdas o tableros celulares son utilizados para conducciones eléctricas y de telefonía dirigidas en sentido paralelo a las acanaladuras de los tableros metálicos. Hay accesorios prefabricados que permiten el acceso directo para conectarse a estas fuentes de energía.



**Cajas de Acceso a las Conducciones Eléctricas**

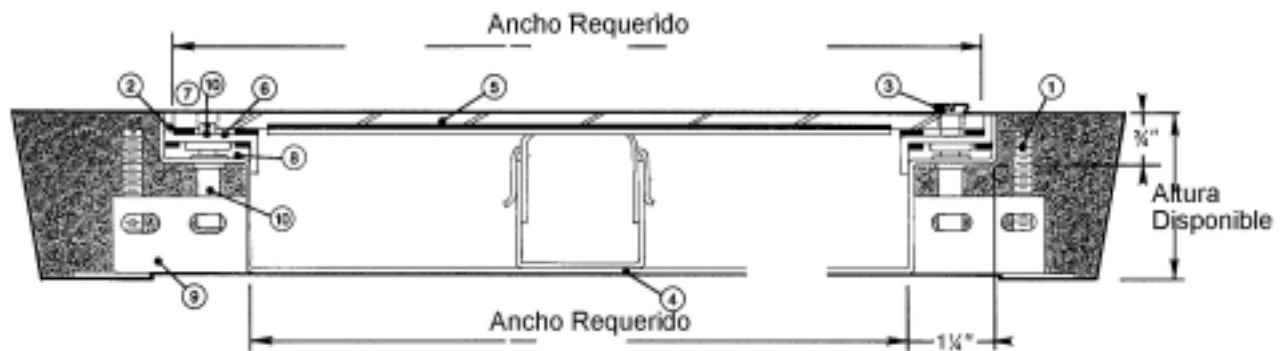
**FIGURA 3**

Para la distribución de los cables en dirección transversal a las nervaduras se pueden disponer trincheras, también prefabricadas que producen, a consecuencia del espacio que ocupan, un debilitamiento local del tablero compuesto, que debe ser tenido en cuenta de la forma en que se explicará más adelante.

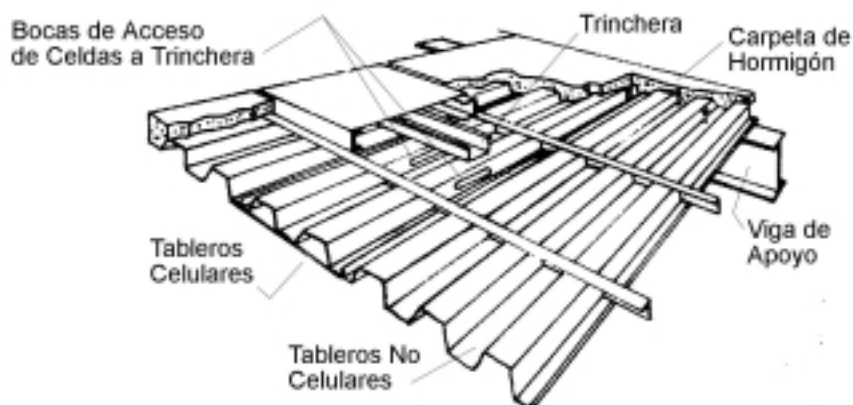


**Sección Transversal de una Trinchera**

**FIGURA 4**



**Sección Transversal de una Trinchera**



**Vista de una Trinchera y bocas de acceso a las celdas**

**Figura 5**

#### 4) Dimensionamiento de los Tableros Metálicos

Si bien los fabricantes de los tableros metálicos ofrecen las capacidades portantes en forma tabulada en catálogos, es conveniente conocer el proceso de verificación de los tableros, al menos, para las etapas constructivas preliminares cuando el hormigón aún no ha fraguado. La determinación de la capacidad portante final de los tableros compuestos es más complicada y es un dato brindado en general por el fabricante. No obstante, indicaremos aquí un criterio para la determinación de la capacidad portante de un tablero compuesto.

##### 4.1) Calidad de los materiales utilizados

**Hormigón:** La calidad del hormigón fijada por el *Design Manual* del *Steel Deck Institute* es de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (3 ksi) para la resistencia mínima a la compresión (denominación del ACI 318 “*Building Code Requirements for Reinforced Concrete*”).

Localmente la calidad mínima del hormigón que podemos utilizar para las losas compuestas es, según la calificación del Reglamento *CIRSOC 201*, del tipo H 21. No obstante, se admite el uso tanto de hormigones de densidad normal ( $\gamma = 2.4 \text{ ton/m}^3$ ) como de hormigones livianos ( $\gamma = 1.85 \text{ ton/m}^3$ ).

**Acero:** La calidad corriente de los aceros utilizados en la fabricación de los tableros, expresada por el valor de su tensión  $F_y$  de fluencia, es de  $F_y = 2400 \text{ kg./cm}^2$  (F24 según nomenclatura del *CIRSOC 301*). La **calidad mínima** del acero, aceptada en el *Design Manual* del *Steel Deck Institute* es  $F_y = 2330 \text{ kg./cm}^2$  (33ksi).

#### **4.2) Determinación de la Capacidad portante de los tableros metálicos trabajando solamente como encofrados, bajo la carga del hormigón pastoso**

En esta etapa del dimensionamiento deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones de diseño:

4.2.1) Las **cargas** consideradas consistirán en:

$$w_1 = \text{Peso Propio del Hormigón + Tablero Metálico}$$

y la que resulte más desfavorable de:

$$w_2 = 98 \text{ kg/m}^2$$

Carga Temporal de Construcción.

$$P = 0.75 \times 91 \text{ kg.}$$

Carga Concentrada de una persona (aplicada en una faja de 300 mm de ancho de tablero).

La carga concentrada  $P = 68 \text{ kg.}$  disminuida ya al 75%, implica una mayoración indirecta de las tensiones admisibles del acero de los tableros y tiene en cuenta, de esta manera, el carácter temporal de la carga accidental considerada.

4.2.2) Se supone que el dimensionamiento se realiza en el rango elástico, por lo tanto, la remoción de las cargas temporarias le permitirá al tablero recuperar las deformaciones por ellas producidas. Por lo tanto, las flechas por deformación del tablero deben limitarse a  $L/180$  ó 19 mm, la menor de ambas, bajo la acción simultánea del peso propio del hormigón y del tablero metálico solamente.

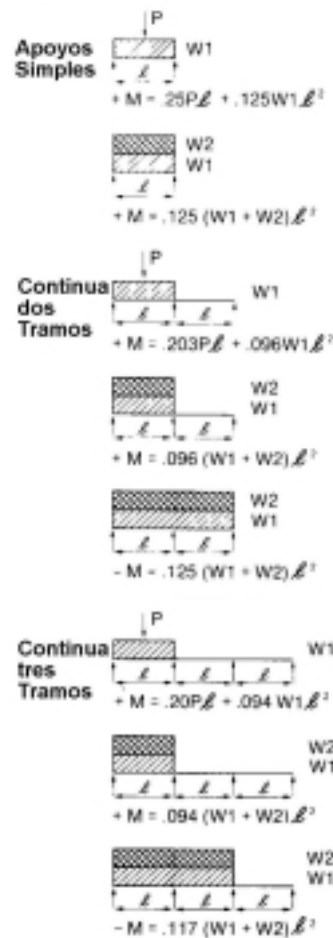
El estado de carga correspondiente a esta etapa de verificación del tablero es denominada, en general, en los programas de cálculo como *estado de carga preliminar, estado de carga inicial o peso propio previo a la acción compuesta (preload, precomposite DL, etc.)*.

4.2.3) La tensión de trabajo bajo la condición de carga y los límites de deformación descriptos, no debe superar los valores admisibles siguientes:

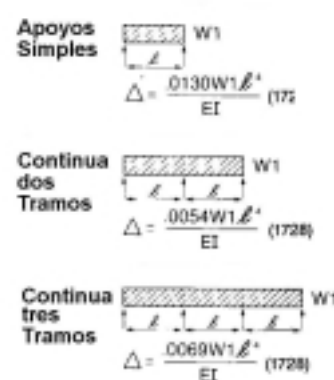
$$F_{adm} = 0.6 \times F_y \quad \text{ni} \quad F_{adm} \leq 2400 \text{ kg/cm}^2$$

4.2.4) Para la verificación de las tensiones admisibles y de las deformaciones, se podrán utilizar los esquemas de cálculo y secuencias de cargas indicados en la figura anterior.

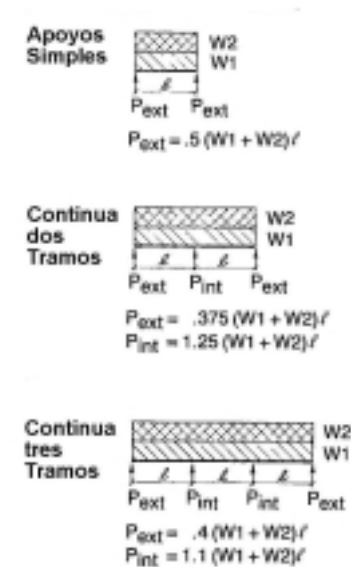
**FIGURA a Diagramas de Cargas y Momentos Flexores**



**FIGURA b Diagramas de Cargas y Deformaciones**



**FIGURA c Diagramas de Cargas y Reacciones de Apoyos**



Notas para las Figuras a, b y c  
 $P = 68 \text{ kg}$  de carga concentrada  
 $W_1 = \text{Peso de la losa y del tablero}$   
 $W_2 = 98 \text{ kg/m}^2$  de carga constructiva temporal  
 $\ell = \text{Longitud del tramo}$

### Esquemas de Cargas para determinar la capacidad portante de los Tableros Metálicos

**Figura 6**

Por otra parte, con referencia al mismo tema, se indica a continuación – a manera de ejemplo - el procedimiento realizado con un procesador matemático (*Mathcad*) para determinar las luces máximas, en el caso particular de un tablero metálico, en función de las limitaciones indicadas por resistencia y deformaciones.

El primer término de la matriz representa la limitación por flecha de 19 mm, el segundo término representa la limitación también por flecha  $L/180$ . El tercer término representa la limitación por resistencia de las cargas de peso propio y sobrecargas constructivas (uniformemente repartida) y finalmente el cuarto término representa la limitación por resistencia del peso propio y de la carga accidental concentrada.

Para el ejemplo se adoptó un tablero tipo Losacero Sección 4, Calibre 22, Acero  $F_y = 2.53 \text{ ton/cm}^2$  (36ksi). Las cargas ( $g_i(d) = w_i$ ) y sobrecargas ( $p = w_2$  o  $P$ ) adoptadas son las indicadas en el punto 4.2.1) para espesores  $d$ , de la carpeta de hormigón, variables de 5 a 12 cm. Las características geométricas ( $I_p$  y  $W_p$ ) se obtuvieron de las Tablas S4-1 del catálogo del fabricante.

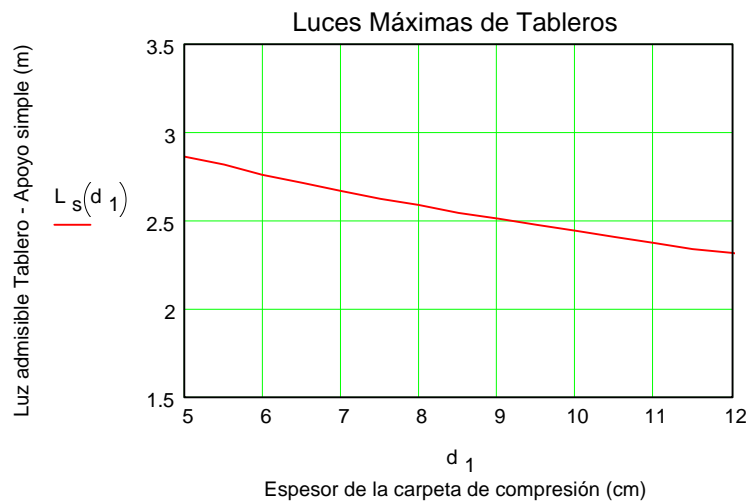
Tablero simplemente apoyado:

$$L_s(d) := \min \left[ \begin{array}{l} \sqrt[4]{\frac{384 \cdot E \cdot I_p}{5 \cdot g_t(d)}} \cdot \text{máxf} \\ \sqrt[3]{\frac{0.4267 \cdot E \cdot I_p}{g_t(d)}} \\ \sqrt{\frac{8 \cdot W_p \cdot F_{adm}}{g_t(d) + p}} \\ \text{root} \left( L_{s1}^2 + 2 \cdot \frac{P}{g_t(d) \cdot b_t} \cdot L_{s1} - 8 \cdot \frac{W_p \cdot F_{adm}}{g_t(d)}, L_{s1} \right) \end{array} \right]$$

Luces máximas para espesores de carpeta de hormigón de 5, 6, 8, 10 y 12 cm:

$$\begin{bmatrix} L_s(5) \\ L_s(6) \\ L_s(8) \\ L_s(10) \\ L_s(12) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.87 \\ 2.76 \\ 2.59 \\ 2.44 \\ 2.32 \end{bmatrix} \cdot \text{m}$$

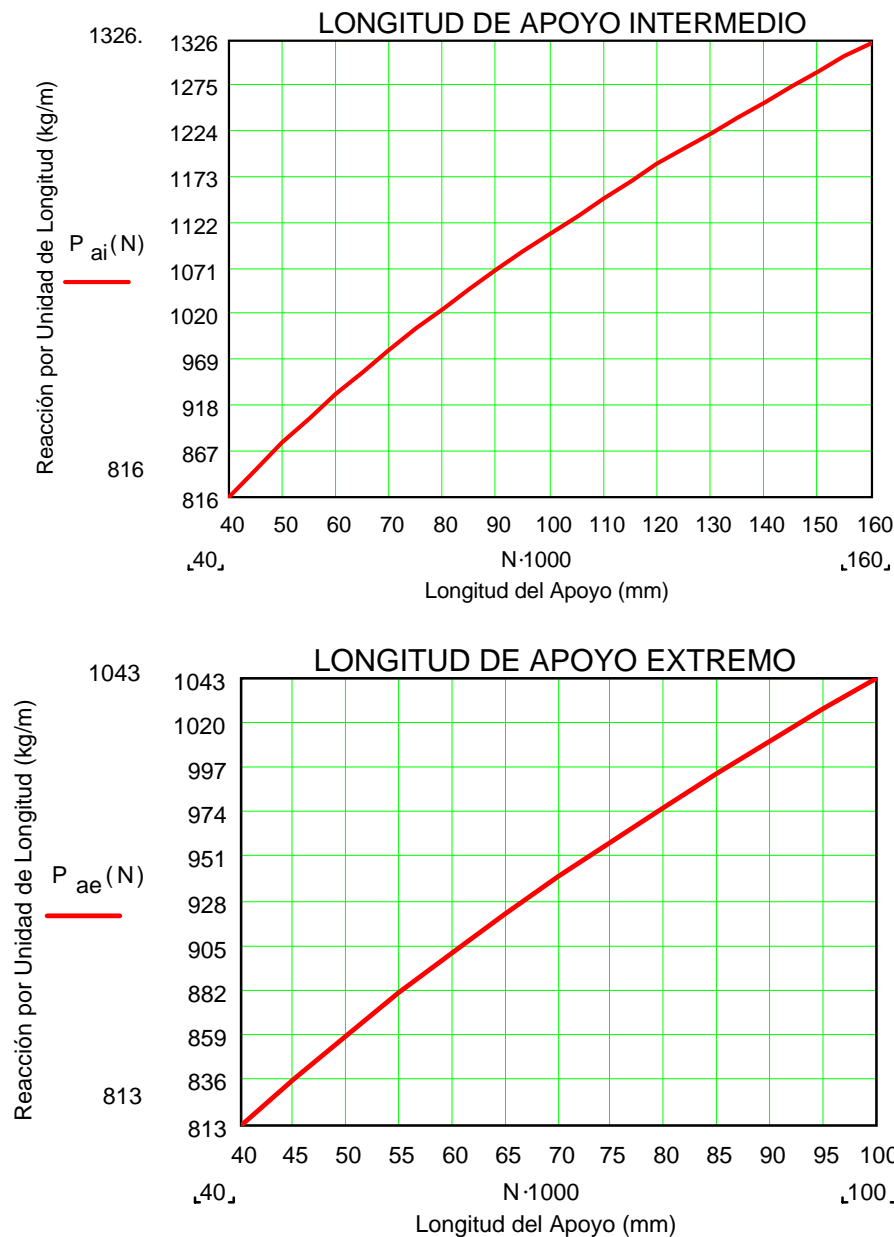
Comparar con la tabla S4-3 del fabricante.



Las luces han quedado determinadas, en este caso, por las condiciones de resistencia (Tercer fila de la matriz).

- 4.2.5) El ancho o profundidad  $N$  de la superficie de apoyo de los tableros sobre el ala de los perfiles, será determinado según la Especificación *AISI* mencionada, *Cap. C – C3.4 Crippling Strength* y verificado bajo la acción de las cargas  $w_1$  y  $w_2$  más arriba indicadas. Se incluyen a título ilustrativo, un par de gráficos correspondientes a apoyos extremos e intermedios, que permiten determinar, para tableros Sección 4 -

Calibre 22, la profundidad (en mm) del apoyo en función de la reacción distribuida en el ancho del tablero:



4.2.6) En el punto 5) *Instalación de los Tableros Metálicos* se indica la forma en que los mismos deberán estar vinculados a los elementos sobre los que apoyan, independientemente si se comportan solo como encofrado o también, a la vez, como armadura.

#### 4.3) Capacidad portante de los tableros bajo la carga del hormigón endurecido

4.3.1) Si bien es posible, como dijimos, determinar la capacidad portante de la sección compuesta del tablero y del hormigón, este es un dato provisto en general por el fabricante, ya que depende en buena parte del diseño de las improntas. No obstante, es posible diferenciar dos situaciones distintas observadas en la capacidad portante de los tableros: una ocurre cuando se sueldan conectadores de corte *adicionales* en sus extremos, a través de la chapa al ala del perfil de apoyo.