

# **FICHA 6 | LOSAS**

#### **NOTA A LA EDICIÓN 2013:**

La presente es una re-edición de la ficha 6, en la que se han incluido algunas modificaciones en lo referente a la determinación del espesor en losas apoyadas en lados paralelos, para adaptarla a la exposición actual del tema en los cursos de Estabilidad de las Construcciones II.

Arq. Juan Sarachu

Junio 2013.

#### **NOTA A LA EDICIÓN 2006:**

En esta ficha se presentan, sintéticamente, sólo algunos conceptos del tema LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO.

Se exponen los principios básicos para comprender su funcionamiento, pero, fundamentalmente, trata de aquellos aspectos que inciden en el estudio de los tramos lineales sobre los que se apoyan, y con los que, en algunos casos, trabajan conjuntamente para resistir las solicitaciones, a los efectos de poder completar su estudio.

El tema será desarrollado con mayor profundidad en el Curso de Estabilidad de las Construcciones III.

Arq. Juan Sarachu

Junio 2006.

## TRAMOS SUPERFICIALES

La primera etapa del análisis estructural plantea la simplificación de la realidad a través de la idealización de las propiedades de los materiales, de la forma y de las acciones.

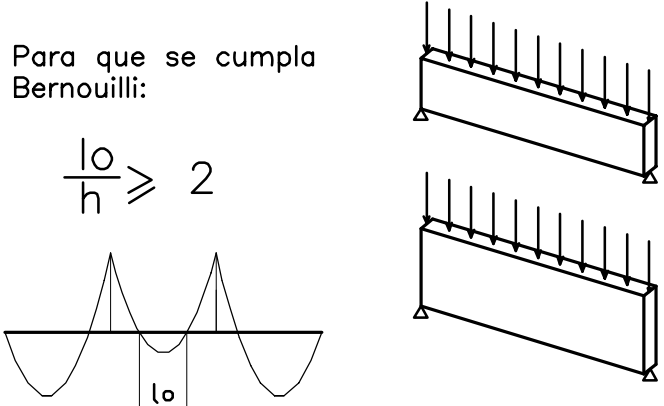
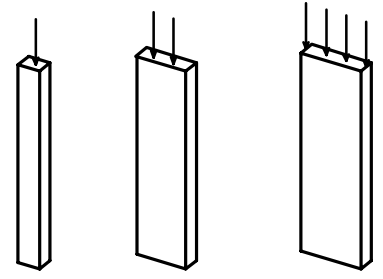
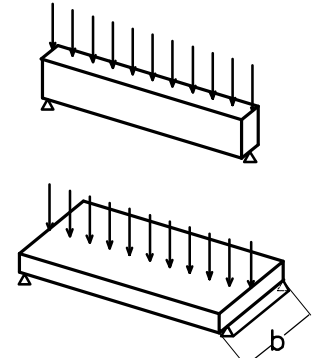
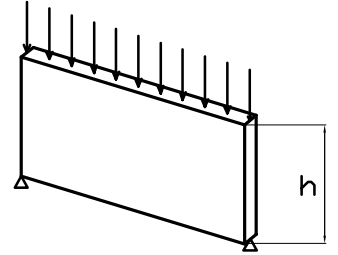
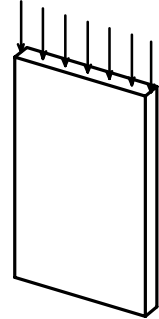
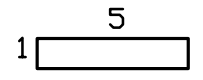
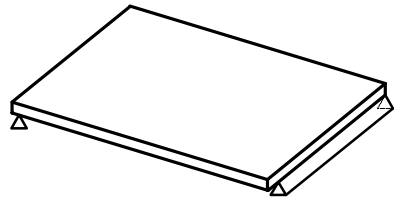
En cuanto a la forma, las estructuras se clasifican en tres tipos básicos: los tramos lineales, los tramos superficiales y los elementos volumétricos. Los tramos lineales son aquellos en los que una dimensión predomina sobre las otras dos y su esquema geométrico consiste en una línea coincidente con el eje medio. Hasta ahora el curso se ha referido a este tipo estructural.

Los tramos superficiales son aquellos elementos estructurales en los que dos de sus dimensiones predominan sobre la tercera, por lo que su esquema geométrico es una superficie, dado que se simplifica el espesor. A estos tipos estructurales se les identifica asimismo como placas en oposición a las barras, denominación dada a los tramos lineales.

En función de la incidencia de la carga los tramos superficiales pueden ser con cargas contenidas en su superficie media o con cargas perpendiculares a dicha superficie.

Entre los primeros se ubican los que salvan una luz apoyados en dos puntos. Funcionan como vigas pero no cumplen con la hipótesis de Bernouilli aplicable solo a tramos lineales. Se denominan vigas de gran altura o gran canto o vigas placa. Existe otro grupo, el de aquellos que apoyan en toda su longitud, lo que hace que trabajen a la compresión; por ser tramos superficiales no se les denomina pilares sino pantallas.

A aquellos otros tramos superficiales con cargas perpendiculares a su superficie media se les denomina losas y es a este grupo al que nos referiremos en este curso.

CARGAS CONTENIDAS EN SU PLANO MEDIO		CARGAS NORMALES A SU PLANO MEDIO
EN FLEXIÓN	EN COMPRESION	
<p>T. L I N E A L E S</p> <p>Para que se cumpla Bernouilli:</p> $\frac{l_0}{h} \geq 2$ 	 <p>Pilar Límite 5 a 1</p>	 <p>Si: <math>b \leq 5h</math> – Tramo Lineal</p>
<p>T. S U P E R F I C I A L E S</p>  $\frac{l_0}{h} < 2$ <p>Viga de gran altura Viga Placa (No se cumple Bernouilli)</p>	 <p>Pantalla</p>	 <p>si ancho <math>&gt; 5h</math></p>  <p>Losa</p>

## TRAMOS SUPERFICIALES CON CARGAS PERPENDICULARES A SU SUPERFICIE MEDIA: LOSAS.

El universo de este tipo estructural es vastísimo y en consecuencia también la forma en que se determinan las solicitaciones. Las diferentes clasificaciones surgen según los distintos elementos característicos que se consideren.

Así desde el punto de vista de la *forma* podrán ser losas rectangulares, trapezoidales, triangulares, circulares, elípticas etc.

Teniendo en cuenta los *apoyos* tendremos losas apoyadas en todo su contorno, losas apoyadas en lados paralelos, losas apoyadas en tres lados, en dos lados contiguos o adyacentes y finalmente losas con apoyos puntuales.

En cuanto al *tipo de carga* a la que estén sometidas se definirán losas con carga uniformemente repartida, uniformemente repartida de manera lineal (carga de faja), losas con cargas puntuales, losas con cargas triangulares (p.ej. las que conforman las paredes de tanques de agua), losas con cargas trapezoidales (muros de contención) y todas las combinaciones de las anteriormente definidas que se puedan plantear.

En cuanto a la clasificación por el *tipo constructivo* se agrupan en losas macizas y losas aligeradas por la inclusión de huecos en su masa., denominadas losas nervadas o con bovedillas, cuyos nervios podrán ser hechos en sitio o prefabricados.

Se definen losas que, por la *introducción de un estado tensional previo*, se denominan pretensionadas, que serán pre o postesadas según los aceros se tensionen antes o después del fraguado y endurecimiento del hormigón.

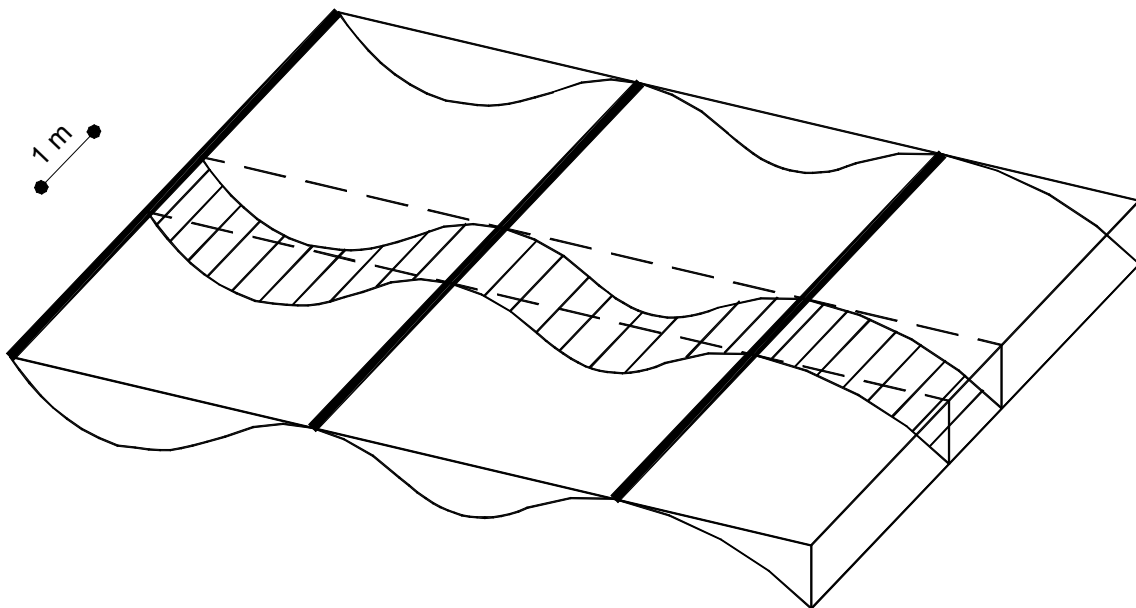
A su vez, respecto al análisis de las solicitaciones, éste puede plantearse de acuerdo a la teoría elástica, la que supone la proporcionalidad entre tensión y deformación, que ya hemos aplicado para resolver estructuras hiperestáticas, o bajo la teoría plástica, que implica no mantener la proporcionalidad entre las tensiones y las deformaciones.

***En este curso abordaremos el estudio de losas macizas de forma rectangular, con carga uniformemente distribuida, apoyadas tanto en dos lados paralelos como en todo su contorno, según la teoría elástica. Analizaremos brevemente cómo funcionan y nos centraremos en los aspectos que repercuten en la determinación de solicitaciones y verificaciones de las secciones de los tramos lineales en los que se apoyan.***

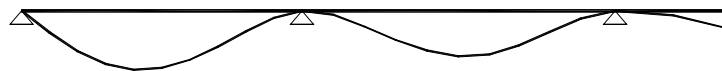
## LOSAS APOYADAS EN LADOS PARALELOS CON CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA.

En estas losas la deformación es cilíndrica, cada faja se comporta igual a la adyacente. Esto hace que el estudio de la losa se realice a través del estudio de una sola faja, que representa toda la losa. Esa faja se la toma de 1,00 m de ancho y su esquema de cálculo corresponde al de un tramo lineal el que podrá dar lugar a un elemento isostático (faja de un solo tramo) o hiperestático (faja de varios tramos continuos). En estos últimos casos será necesario aplicar alguno de los métodos conocidos o tablas que permitan determinar las solicitaciones.

### APOYOS EN LADOS PARALELOS



### ESQUEMA DE DEFORMACIÓN

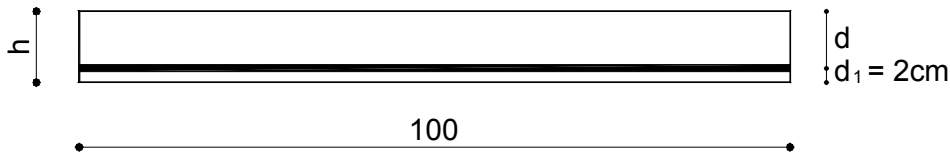


Una vez halladas las solicitaciones y a los efectos de la determinación de los espesores de las losas se parte de la condición de que estos elementos estructurales son *simplemente armados*. Se evita el uso de armadura en compresión porque normalmente el espesor de las losas es tal que hace que el brazo del par mecánico entre las armaduras de tracción y compresión sea pequeño y, además, poco confiable, al no existir estribos que colaboren con mantener invariable esa distancia durante el llenado. Esta condicionante implica que la faja no podrá resistir momentos que mayorados superen el valor del momento límite de la sección.

La condición de viabilidad de una losa será entonces:

$$M_d \leq M_{dLIM}$$

En cuanto al recubrimiento y teniendo en cuenta la normativa vigente se fija un valor de recubrimiento mecánico mínimo de 2 cm.



### **Determinación de “d”, altura útil**

En función de la condicionante de viabilidad se plantea:

$$M_d \leq M_{dLIM} = 0,332 \times b \times d^2 \times f_{cd}$$

en donde “b” es el ancho de la faja (100 cm), 0,332 es el valor del coeficiente  $\mu_{lim}$  para secciones rectangulares,  $f_{cd}$  la tensión de diseño del hormigón y “d” la altura útil de la losa, valor a determinar.

Considerando el  $M_d$  en daNm, multiplicamos por 100 para llevar la expresión a unidades homogéneas, así nos quedará:

$$d^2 \geq \frac{M_d \times 100}{0,332 \times 100 \times f_{cd}} = \frac{1}{0,332} \times \frac{M_d}{f_{cd}}$$

$$\boxed{d_{min} \geq 1,74 \sqrt{\frac{M_d}{f_{cd}}}} \quad \text{(a) } [M_d \text{ en daNm y } d \text{ en cm}]$$

Para el valor de resistencia del hormigón que usamos habitualmente en el curso,

$f_{ck} = 150 \text{ daN/cm}^2$  lo que lleva a un  $f_{cd} = 150/1,5 = 100 \text{ daN/cm}^2$  nos queda

$$\boxed{d_{min} \geq 0,174 \sqrt{M_d}} \quad \text{(a) } [M_d \text{ en daNm y } d \text{ en cm}]$$

Para los momentos de tramo, a los efectos de disminuir la deformación (flecha) y evitar que sea apreciable a simple vista, se recomienda aumentar en un 30% el valor obtenido con lo que se llega la expresión:

$$\boxed{d_{min} \geq (1,74 \times 1,3) \sqrt{\frac{M_{dtramo}}{f_{cd}}} = 2,26 \sqrt{\frac{M_{dtramo}}{f_{cd}}}} \quad \text{(b) } [M_d \text{ en daNm y } d \text{ en cm}]$$

Para el valor de resistencia del hormigón que usamos habitualmente en el curso,

$$f_{ck} = 150 \text{ daN/cm}^2 \quad \text{lo que lleva a un} \quad f_{cd} = 150/1,5 = 100 \text{ daN/cm}^2 \quad \text{nos queda}$$

$$d_{\min} \geq 0,226 \sqrt{\frac{M d_{\text{tramo}}}{f_{cd}}}$$

(b) [  $M_d$  en daNm y  $d$  en cm ]

Si la losa tuviera un borde en voladizo, en ese caso el momento máximo se produce en el apoyo, pero la flecha del extremo libre de la ménsula depende de cuánto se deforme la sección del apoyo por flexión. Por lo tanto también en estos casos usaremos la expresión (b), con el incremento del 30%, porque, aunque se trate de un momento de apoyo, es necesario reducir la deformación.

**En consecuencia, en el caso de volados determinaremos la altura útil con el momento del apoyo y con la expresión para el momento de tramo.**

La altura útil hallada según estas expresiones resulta expresada en cm, para valores de los momentos mayorados expresados en daN m.

La altura o espesor de la losa surge entonces de tomar la mayor de las “d” halladas (según a y b) y sumarle el recubrimiento:  $h = d + d_1$

En general nos manejaremos, para el caso de losas macizas, con espesores no menores a 7 cm. (Los espesores mínimos están fijados por norma y dependen de la forma de apoyo, del uso al que se destine la losa, etc.)

La determinación de espesores máximos no es un tema normativo sino de toma de decisión del proyectista; al aumentar el espesor de la losa maciza aumentan los costos (aumenta la masa de hormigón) y aumenta el peso propio; por otro lado al optar por losas nervadas se está eligiendo un sistema que implica mayores dificultades en la etapa de puesta en obra (compra, flete, descarga, acopio y traslado de los moldes, su posicionado en los encofrados, y el mantenimiento de su posición durante el llenado, el tener que aplicar, muchas veces, soluciones constructivas particulares para las zonas de apoyo, etc.).

Como criterio muy general, indicativo, es razonable tomar espesores máximos de 15 ó 16 cm, más allá de los cuales se consideraría el empleo de losas nervadas.

### **Determinación de descargas sobre los apoyos**

Las descargas sobre los apoyos surgen de los diagramas de esfuerzos cortantes de cada uno de los tramos, constituyendo una carga lineal sobre las vigas (apoyos).

### **Momentos de Norma**

Cuando se determinan solicitaciones en una faja de losa, así como en un tramo lineal, es necesario prestar atención al modelo que adoptamos para el comportamiento del vínculo en los apoyos.



Si se trata de una faja de un solo tramo, se asume que los apoyos se comportarán como articulaciones perfectas. Pero, seguramente, la realidad no será así, más aún cuando el material empleado es el hormigón armado.

El apoyo impondrá alguna restricción al giro, que determinará la aparición de momentos, que provocarán tracciones en la cara superior de la pieza. Estos momentos en los apoyos, van a producir, consecuentemente, una disminución del valor, determinado teóricamente, para el momento máximo del tramo.

Si en la realidad esos apoyos no ofrecen resistencia al giro, estaremos en la situación estudiada. Si la restricción se produce, el tramo quedará del lado de la seguridad, con solicitaciones inferiores a las calculadas.

Cuando se trata de una faja de varios tramos continuos, no siempre la hipótesis de articulación en los apoyos nos brindará la situación más comprometida.

Un tramo continuo con otro, u otros, que tengan mayor deformación que la suya, ya sea por tener más carga, mayor luz, o por condición de vínculo, será levantado por los tramos vecinos, que producirán en sus extremos momentos mayores que los de empotramiento perfecto.

Las tangentes al eje del tramo en los apoyos experimentarán giros descendiendo del lado de los tramos adyacentes y levantándose en el tramo considerado. Esto producirá una reducción en el momento máximo del vano, que podrá incluso llegar a dejar todo el tramo con tracciones en la cara superior.

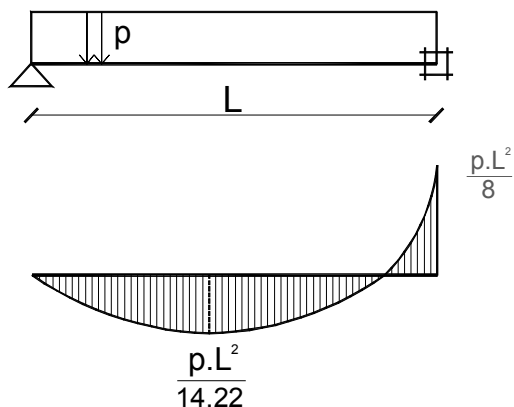
Pero si el vínculo en el apoyo impide total o parcialmente el giro en esa sección, la reducción del momento en el vano no se producirá, y tendremos en el tramo momentos mayores a los calculados teóricamente.

Por esta razón las normas establecen que no deben considerarse en los cálculos, valores de los momentos de tramo inferiores a los que corresponderían a la suposición de que los apoyos con continuidad estuviesen empotrados (giro nulo).

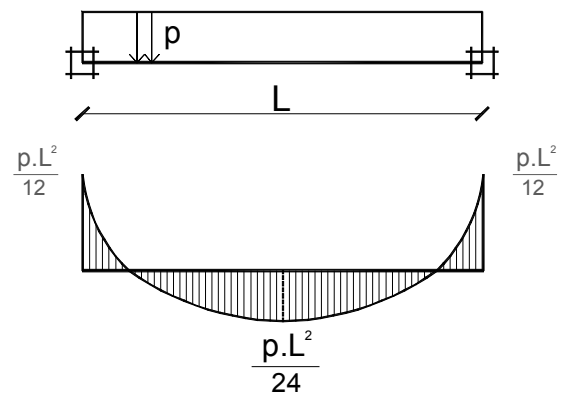
De esta manera quedan cubiertas todas las posibilidades que pudieran producirse en el comportamiento del vínculo, desde la hipótesis de articulación hasta la de empotramiento perfecto.

Para carga uniformemente repartida estos valores serán:

Para un tramo extremo:



Para un tramo intermedio:



### **Tablas de vigas continuas.**

Frecuentemente podremos encontrarnos en la situación de tener que determinar solicitaciones de varios tramos continuos con las siguientes condiciones:

- Luces e inercias iguales.
- Carga uniformemente repartida del mismo valor en todos los tramos.

En estos casos se puede simplificar la etapa de determinación de descargas, reacciones, solicitaciones, etc., mediante la utilización de las tablas 5.3.1 y 5.3.2 de la publicación Tablas y Ábacos del I.C. (Págs. 62 y 63).

Estas tablas consideran las diferentes situaciones que se producen con la variación de la ubicación de la carga eventual, que según esté presente o no en algunos tramos, producirá valores máximos o mínimos en los diagramas de solicitaciones.

Para esos casos presenta diferentes valores en la relación  $\frac{g}{p}$ , en donde g es la carga permanente y p es la carga total, suma de la carga permanente y la carga eventual (q). Esto explica el desfasaje en los diagramas de momentos graficados en los cabezales.

En el Curso de Estabilidad de las Construcciones II trabajaremos exclusivamente con la relación:  $\frac{g}{p} = 1$ , tomando en la tabla, los coeficientes de la columna de la derecha (ya que en los casos que nos planteamos, la relación entre los valores de la carga permanente y la eventual no amerita el estudio de la incidencia de su ubicación en las solicitaciones).

El cabezal de las tablas orienta en cómo operar con las mismas, y en ellas ya se incluyen los Momentos de Norma, cuando corresponde.

Cuando se estudia un caso de más de 4 tramos (Tabla 5.3.2 – Pág. 63), en la determinación de los momentos en el apoyo C se producen valores distintos:

Para el tramo BC (tabla de 4 tramos)

$$M_c = \frac{p \cdot L^2}{14}$$

Para el tramo CD (tabla de más de 4 tramos)

$$M_c = \frac{p \cdot L^2}{12}$$

Se considera para ese apoyo un momento igual a la media aritmética entre los valores obtenidos mediante la aplicación de ambas tablas.

Estas tablas pueden aplicarse también para casos que difieren de los establecidos anteriormente:

Por ejemplo, puede aplicarse en el caso que las cargas uniformemente repartidas de los tramos sean diferentes, siempre que la diferencia entre la mayor y la menor no supere el 20%.

En este caso, para cada tramo debe utilizarse la carga correspondiente, y para los momentos de apoyo, se toma la media aritmética de los valores hallados con las cargas a uno y otro lado.

En rigor, puede ser más elástico el criterio, pues la diferencia del 20% puede aplicarse a tramos contiguos, y no al del conjunto de los tramos, pues barras alejadas entre sí no producen influencias mutuas.

Este criterio de diferencia de cargas se puede aplicar también para el caso de diferencia de luces: cuando la diferencia de luces mayor y menor no sea mayor a un 20%, siempre que las cargas sean iguales en todos los tramos. Es más discutible este criterio, pues para determinar momentos interviene la luz al cuadrado, lo cual incrementa las diferencias.

Para casos de cargas diferentes y luces diferentes, no cabe aplicarse criterios generales. Por otra parte, en caso de dudas siempre existe la posibilidad de resolución por métodos generales.

## LOSAS RECTANGULARES APOYADAS EN TODO SU CONTORNO CON CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA.

Para que las losas trabajen apoyadas en todo su contorno debe cumplirse que:

$$2 \geq \frac{l_y}{l_x} \geq 0,5$$

A diferencia del tipo anterior la deformación de estas losas no es cilíndrica; la mayor deformación se da en la zona central y va disminuyendo hacia los apoyos, en ambas direcciones. Estudiaremos su comportamiento a partir del método de las fajas, el que se atribuye a Grashof.

Considerando dos fajas centrales (donde se dan las mayores deformaciones) y perpendiculares entre si deben cumplirse dos condiciones:

a) Condición de equilibrio:

La carga total “p” que actúa sobre la losa se reparte en las dos direcciones de tal forma que se cumple:

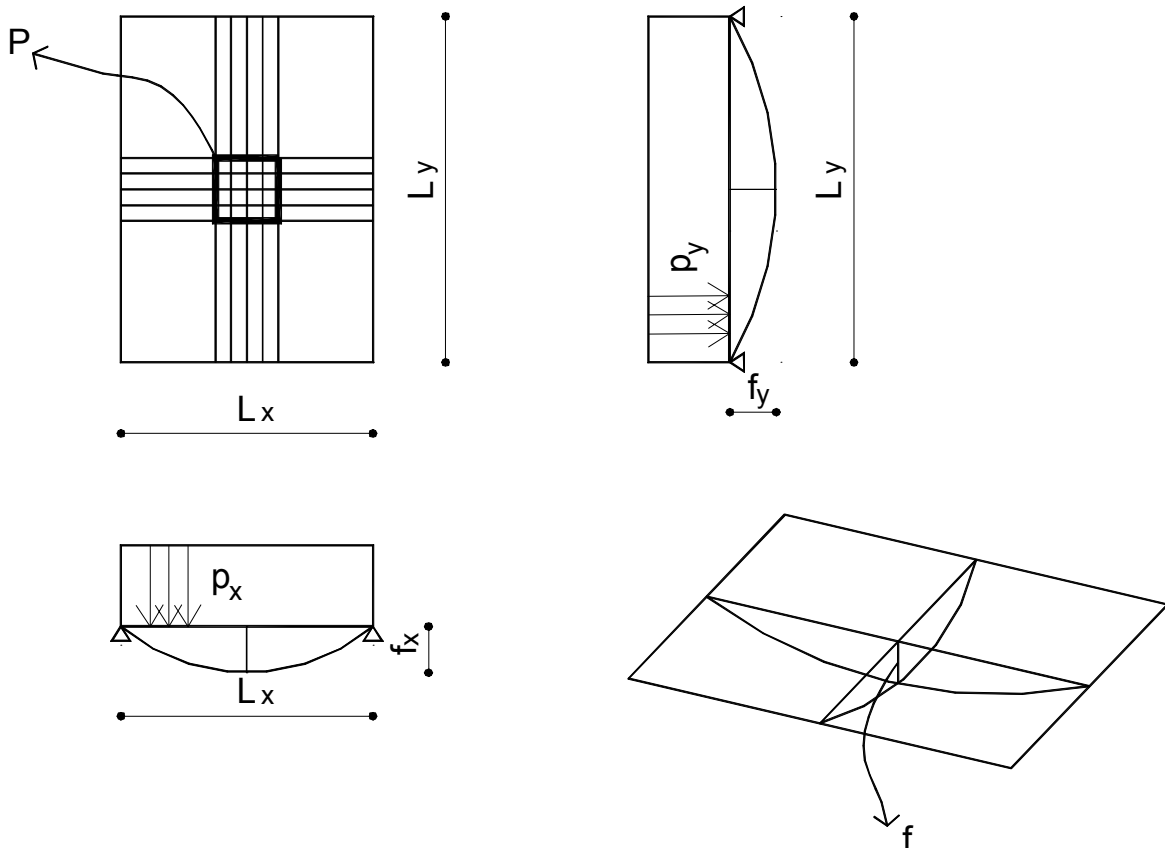
$$p = p_x + p_y$$

b) Condición de deformación:

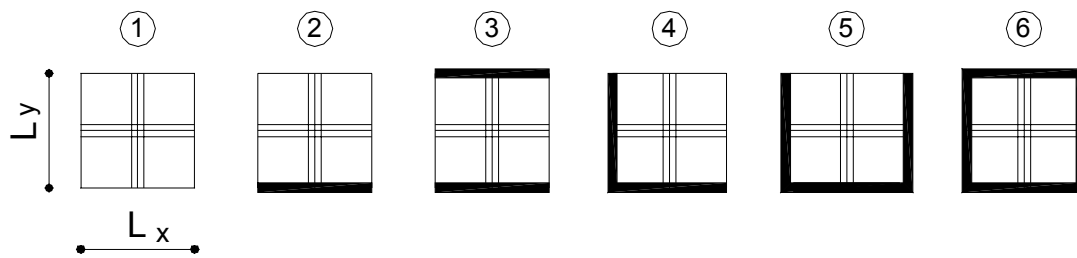
En el punto de cruce de las fajas la deformación de ambas debe coincidir, por lo tanto:

$$f_x = f_y$$

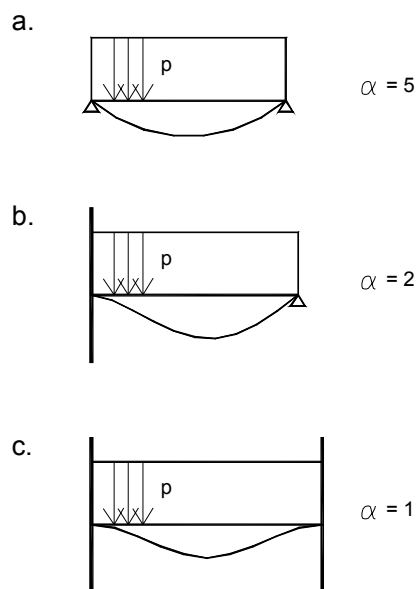
### SOLIDARIDAD DE FAJAS CENTRALES PERPENDICULARES



Considerando además la condición de vínculo en los bordes (se establecen exclusivamente dos posibilidades: impedimento de giro o giro libre) se pueden presentar seis casos:



Según se observa en estos seis casos, para las fajas centrales pueden presentarse sólo tres situaciones, según los tipos de vínculos.



La expresión general para determinar la flecha en el centro de la faja es:

$$f = \frac{\alpha}{384} \cdot \frac{p \cdot L^4}{E \cdot I}$$

donde  $\alpha$  toma los siguientes valores en función de las condiciones de los vínculos:

$\alpha = 5$ , en la situación a)

$\alpha = 2$ , en la situación b)

$\alpha = 1$ , en la situación c)

Igualando las flechas en ambas direcciones obtenemos:

$$\frac{\alpha_x}{384} \cdot \frac{p_x \cdot L_x^4}{E_x \cdot I_x} = \frac{\alpha_y}{384} \cdot \frac{p_y \cdot L_y^4}{E_y \cdot I_y}$$

El material es el mismo en ambas fajas por lo tanto  $E_x = E_y$ ; en cuanto a la inercia de la sección, si bien no es la misma porque las varillas de acero están ubicadas en alturas diferentes, y la zona fisurada del hormigón puede ser diferente, por simplificación se toma la misma para las dos fajas, con lo cual  $I_x = I_y$ ; con estas consideraciones los denominadores se pueden eliminar de la expresión anterior. Si denominamos  $\varepsilon$  a la relación  $\frac{L_y}{L_x}$  nos queda:

$$\alpha_x \cdot p_x = \alpha_y \cdot p_y \cdot \varepsilon^4$$

Despejando las incógnitas se llega a:

$$p_x = \left( \frac{\alpha_y \cdot \varepsilon^4}{\alpha_x + \alpha_y \cdot \varepsilon^4} \right) \cdot p \therefore p_x = \chi_x \cdot p$$

$$p_y = \left( \frac{\alpha_x}{\alpha_x + \alpha_y \cdot \varepsilon^4} \right) \cdot p \therefore p_y = \chi_y \cdot p$$

Siendo,

$$\chi_x = \frac{\alpha_y \cdot \varepsilon^4}{\alpha_x + \alpha_y \cdot \varepsilon^4}$$

$$\chi_y = \frac{\alpha_x}{\alpha_x + \alpha_y \cdot \varepsilon^4}$$

Estos coeficientes  $\chi_x$  y  $\chi_y$ , que nos dan la repartición de la carga total en la faja según la dirección "x" y en la faja según la dirección "y", están tabulados en la tabla 4.1.1, Sección 4, página 26, de la publicación del IC "Tablas y Ábacos" (edición 1995) en función de los tipos de vínculos de la losa y de la relación de luces  $\varepsilon = \frac{L_y}{L_x}$ .

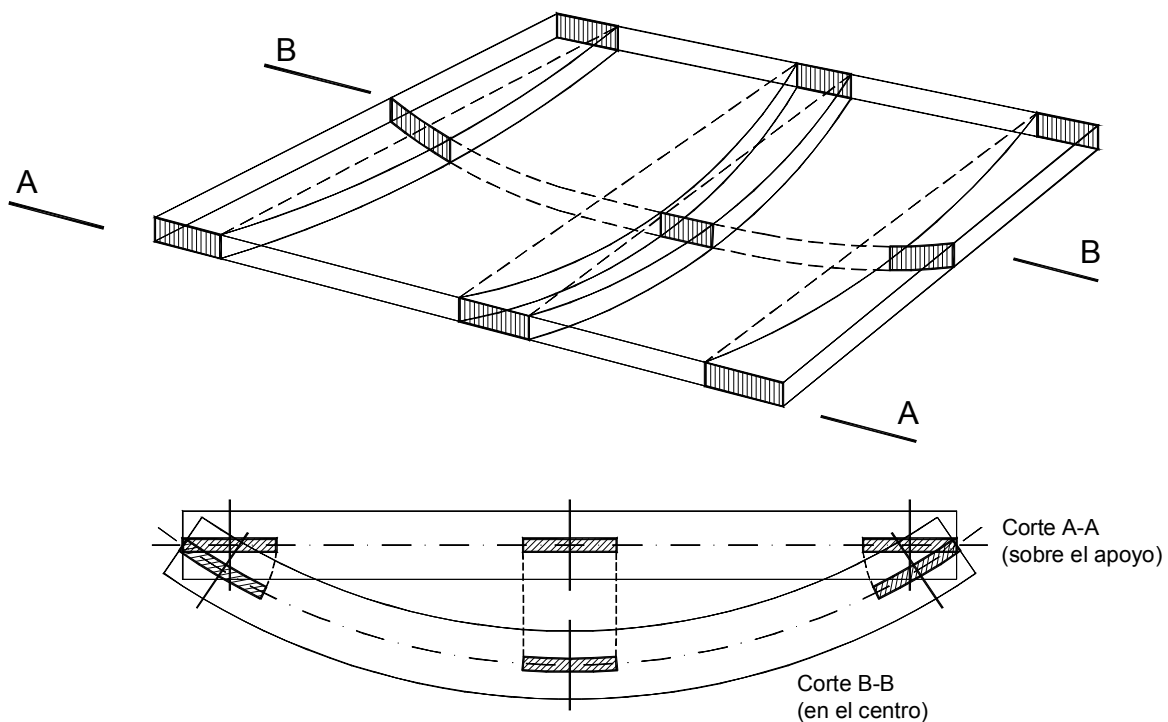
En virtud de la ecuación  $p = p_x + p_y$  los coeficientes  $\chi_x$  y  $\chi_y$  deben sumar 1

$$\chi_x + \chi_y = 1$$

Marcus observó que, empleando el método de las fajas de Grashof, resultaban, para los momentos de tramo, valores diferentes a los que obtenía utilizando integraciones en derivadas parciales, según los resultados obtenidos aplicando teoría de la elasticidad. Descubre que el método simplificado de Grashof, considerando exclusivamente las fajas centrales soslaya un fenómeno que se aprecia al considerar las fajas laterales, y alcanza sus máximos valores en las fajas junto a los apoyos:

Tomando una de las fajas centrales podemos observar que la sección del centro experimenta un desplazamiento (descenso), producido por la flexión, pero se mantiene paralela a las secciones de los apoyos.

Si consideramos las fajas de los bordes, vemos que la sección central experimenta un giro con respecto a las secciones de los extremos.



Las fajas laterales experimentan una torsión, y la resistencia a este efecto operará de tal forma que las secciones en el centro y en los extremos vuelvan a ser paralelas, ya sea reduciendo el giro en la sección central o girando las de los apoyos.

Es por esta razón que aparecen esfuerzos tendientes a levantar los ángulos de la losa, incrementados por la combinación de éste fenómeno con el de la faja en la otra dirección, simultáneamente con esfuerzos que disminuyen la deformación de las fajas perpendiculares en la zona central de la losa, produciendo una disminución de los momentos de tramo.

Para corregir la diferencia observada, Marcus estableció unos coeficientes  $\nu$  ( $\nu_u$ ), obtenidos semiempíricamente, que reducen los momentos de tramo hallados por el método de Grashof, y que varían en función de los tipos de vínculos de la losa y de la relación  $\epsilon$  de las luces.

Estos coeficientes se encuentran tabulados también en la tabla 4.1.1., ya citada, de la publicación Tablas y Ábacos del I.C. (Pág. 26).

La reducción de los momentos de tramo es máxima cuando las esquinas están aseguradas contra el levantamiento.

La Norma UNIT 1050 establece que los momentos de tramo “... deben incrementarse adecuadamente cuando:

- a) Las esquinas no están aseguradas contra el levantamiento
- b) En las esquinas donde concurren dos bordes con libertad de rotación en los apoyos y en las que no se ha previsto ningún refuerzo de esquina conforme a lo establecido en el apartado 51.2.5.5 (Armadura de esquina);
- c) Existen huecos considerables en las zonas de esquina que influyen sustancialmente la rigidez torsional.

*Puede admitirse sobre el apoyo, una seguridad suficiente contra el levantamiento en las esquinas, cuando por lo menos uno de los lados de la losa concurrente a la esquina está vinculado en forma resistente a la flexión con el apoyo, con una losa vecina, o cuando existe una carga local superpuesta de por lo menos 1/16 de la carga total incidente en la losa.”*

Cuando no exista esta unión resistente a la flexión, sólo podrá prescindirse de una armadura adicional a la torsión (armadura de esquina) si en vez de reducir los momentos de tramo con  $\nu$ , se los reduce con un valor intermedio:  $\nu' = \frac{1+\nu}{2}$

es decir, la media entre  $\underline{1}$  (sin reducción) y  $\underline{\nu}$  (máxima reducción).

Para losas nervadas apoyadas en todo su contorno, se acostumbra usar  $\nu = 1$ , es decir, no reducir los momentos de tramo, dado que la solidaridad entre fajas se ve reducida por la presencia de los huecos (bovedillas), aunque la Norma UNIT 1050, en el apartado 51.3.5, “Losas nervadas armadas en dos direcciones”, establece que: “se puede tomar en cuenta el efecto favorable de los momentos de torsión”.

Todos estos conceptos están sintetizados en tablas. Para la determinación de momentos de tramo y apoyo en una losa rectangular aislada, con carga uniforme, tenemos las tablas 4.1.2 y 4.1.3, en la publicación Tablas y Ábacos del I.C. (Pág. 27 y 28), la primera según Marcus y la segunda según Czerny. En ellas los momentos de tramos incluyen la máxima reducción, por eso en el cabezal se especifica “con armadura de torsión”.

En general, para otros tipos de carga, forma o apoyos, el tema se sintetiza en tablas similares a ésta (pueden verse en la misma publicación citada).

### **Validez del Estudio**

Tradicionalmente, el estudio de losas rectangulares apoyadas en todo su contorno, según el método de Grashof-Marcus, se consideró válido para relaciones de luces entre 0,5 y 2,0.

$$0,50 \leq \varepsilon = \frac{L_y}{L_x} \leq 2,00$$



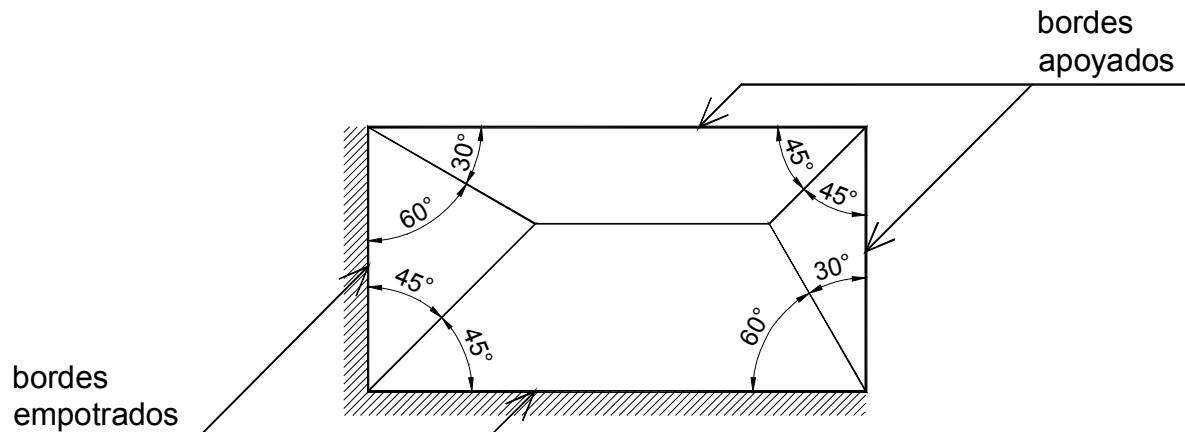
Fuera de este intervalo, la faja más corta lleva más del 90% de la carga total, por lo que es despreciable el aporte de la faja más larga.

En esos casos se estudia la losa como apoyada solamente en lados largos, es decir, como si sólo trabajara la faja de luz menor con el 100% de la carga.

La Norma UNIT 1050 del año 2001 establece que: “Se consideran losas armadas en dos direcciones aquellas losas que están apoyadas en sus cuatro bordes y cuya luz mayor no exceda de 2,5 veces la luz menor”. Esto implica validez del método para relaciones de luces entre 0,40 y 2,50, aunque las tablas disponibles están adecuadas al criterio anterior, y presentan coeficientes para  $\varepsilon$  dentro del intervalo 0,5 y 2,0.

### **Descargas sobre las vigas perimetrales.**

Para las losas con apoyo en todo su contorno, se determinan las descargas con el criterio de áreas tributarias; los sectores de losa que descargan hacia cada apoyo o borde se hallan en base a los ángulos en que se divide cada esquina, formando trapecios y triángulos según el siguiente criterio:



Cuando en una esquina se unen dos bordes de una losa con el mismo tipo de apoyo, el ángulo de repartición debe ser 45°.

Si la unión corresponde a un borde totalmente empotrado con uno libremente apoyado, el ángulo de repartición del lado del empotramiento debe ser de 60° (y de 30° con el borde libremente apoyado).

Toda la carga incidente en cada uno de los sectores así hallados, se considera que descarga sobre el borde correspondiente.

Por simplificación se la distribuye uniformemente en toda la longitud del mismo.

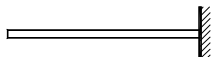

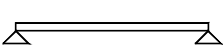
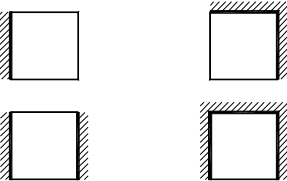

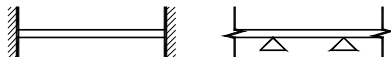

Para facilitar la operativa se ha confeccionado una tabla que, para los diferentes tipos de losa en cuanto a la condición de sus apoyos y en función de la relación de luces,  $\varepsilon$ , nos da un coeficiente que multiplicado por la carga total incidente en la losa, determina la porción que descarga en cada borde. Distribuyendo ese valor en la longitud del lado correspondiente podemos hallar su valor como carga distribuida uniforme.

La tabla es la 4.1.6 de la publicación Tablas y Ábacos del I.C. (Pág. 31).

**Determinación del espesor recomendable para una losa apoyada en su perímetro.**

Para determinar el espesor de una losa apoyada en todo su contorno seguiremos la recomendación de la Norma UNIT 1050, en la que se establecen criterios basados en el control de la flecha o deformación.

**TABLA 25 / NORMA UNIT 1050:2001**

(A) Losas armadas en una dirección		(B) Losas armadas en dos direcciones con luz mayor / luz menor = 1,3	
esquema estructural	$\frac{\text{luz}}{\text{altura}}$	esquema estructural	$\frac{\text{luz}}{\text{altura}}$
	12		50
	30		55
	35		
	40		60

Nota: para losas armadas en dos direcciones, la luz de cálculo es la luz menor.

Para losas armadas en dos direcciones, con relación  $\text{luz mayor} / \text{luz menor} > 1.3$ , el proyectista deberá disminuir los valores de la tabla 25B comparándolos con los casos correspondientes de la Tabla 25A.

Si  $1 \leq \text{luz mayor} / \text{luz menor} \leq 1,3$ : Tomamos los valores de la Tabla 25 B

Si  $\text{luz mayor} / \text{luz menor} \geq 2$ : Tomamos los valores de la Tabla 25 A

Si  $1,3 < \text{luz mayor} / \text{luz menor} < 2$ : Interpolamos entre los valores de los casos correspondientes de la Tabla 25A y 25B

### Condiciones de vínculo.

Para el estudio de las losas apoyadas en todo su perímetro intervienen, en general, en todos sus aspectos las condiciones de vínculo de sus bordes.

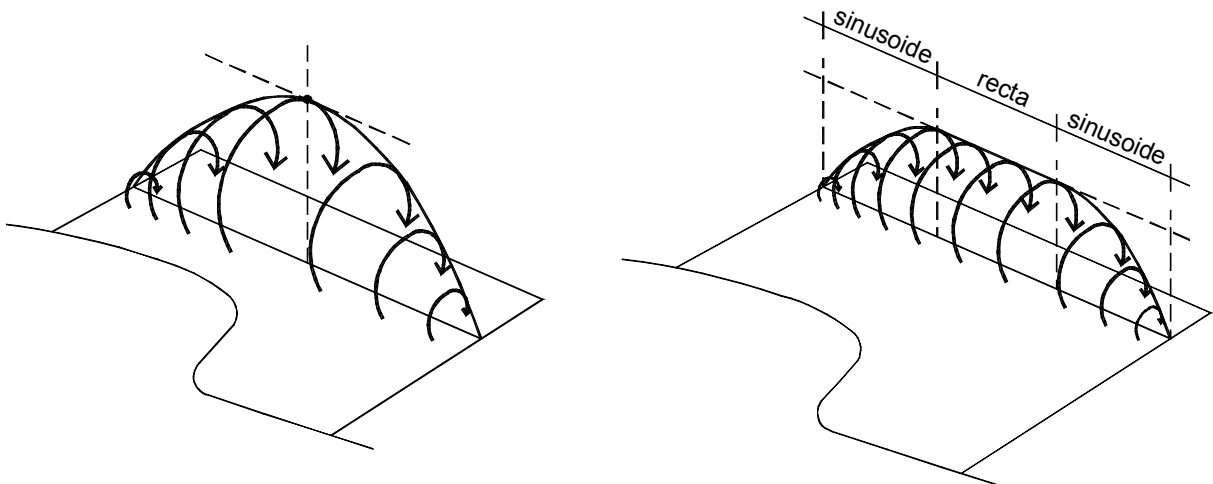
Cuando se realiza el análisis teórico se consideran dos tipos de vínculo: aquel que permite girar libremente el borde sobre el apoyo y el impedimento total de giro o giro nulo.

En general consideramos que cuando en un borde existe continuidad con otra losa, hay impedimento al giro o empotramiento, y cuando es un borde extremo, sin continuidad con otra losa, tomaremos como apoyo simple, con libertad de giro.

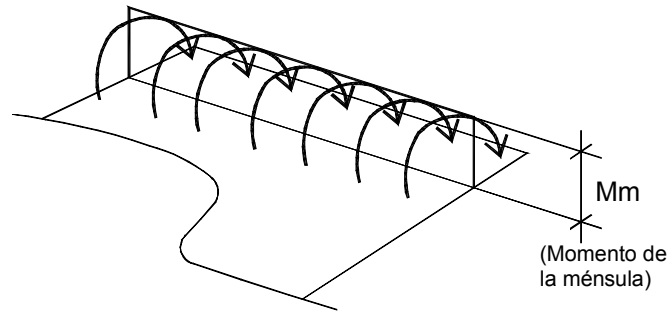
En el caso que una losa, en un borde, se prolongue más allá del apoyo, en forma de volado, se nos plantea la duda en cuanto a qué modelo adoptar para ese borde, a los efectos de ingresar a las tablas, que, como se indicó anteriormente, sólo manejan dos condiciones para el vínculo: giro libre y giro nulo.

La restricción al giro en ese apoyo dependerá de la entidad del volado, por lo que será necesario hacer una comparación entre los valores de los momentos de la ménsula y de empotramiento perfecto de la losa, para estimar cual de las dos hipótesis disponibles está más próxima a la realidad.

Pero el momento de empotramiento perfecto en una losa apoyada en todo su contorno tiene valores variables a lo largo de ese lado, siendo nulo en los extremos y variando según leyes más o menos complejas, que se simplifican en una onda sinusoidal, con su valor máximo en el punto medio, o con un tramo de valor constante en la zona central, cuando el valor máximo no se ubica en ese punto.

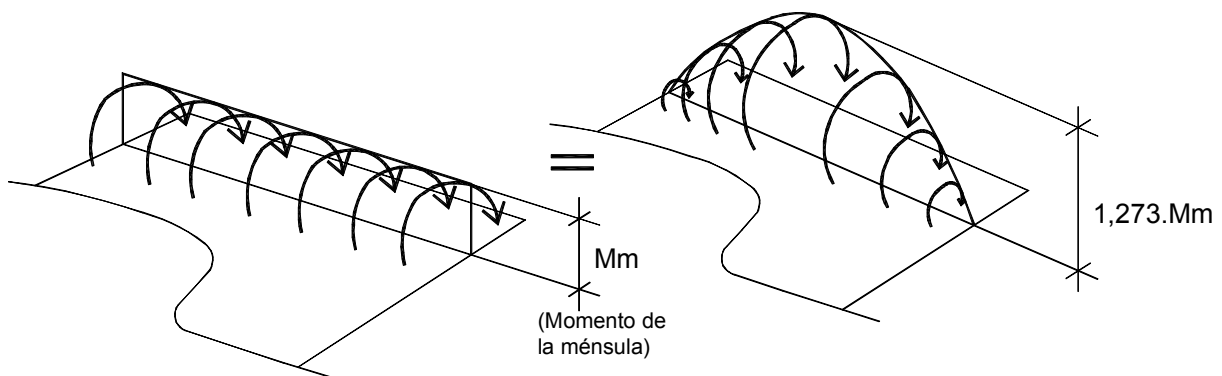


Por otra parte, el momento que produce el volado sobre el apoyo es de valor constante, en toda la longitud del mismo.



Para poder compararlos adecuadamente es necesario transformar el momento de la ménsula,  $M_m$ , en uno de variación sinusoidal equivalente, adoptando para su valor máximo en el centro:

$$\frac{4}{\pi} \cdot M_m = 1,273 \cdot M_m$$



Confrontando este valor con el de empotramiento perfecto de la losa, en la hipótesis de continuidad en el borde común con el volado, se podrá tener una idea de la entidad relativa del mismo.

Si  $1,273 \cdot M_m$  es inferior a la mitad del momento de empotramiento perfecto de la losa en ese apoyo, la hipótesis más próxima será considerar ese borde de la losa como apoyo simple, con libertad de giro.

Si, por el contrario,  $1,273 \cdot M_m$  es mayor a la mitad del momento de empotramiento perfecto de la losa, adoptaremos la hipótesis de borde con continuidad, porque se hallará más próximo a esa situación.

Una vez definidas las condiciones de vínculo en los bordes de la losa, se podrán utilizar las tablas, ingresando a las mismas según el caso correspondiente, y así poder determinar descargas en los apoyos o el espesor recomendado.

## **TABLAS**

Losas rectangulares apoyadas en su perímetro con carga uniforme  
DISTRIBUCION DE CARGA SEGUN GRASHOF-MARCUS

CORRECCION DE MOMENTO MAXIMO DE TRAMO EN LOSA MACIZA

CARGA

$$P_x = \chi_x P$$

$$P_y = \chi_y P$$

Losa continua y losa sobre viga de hormigón

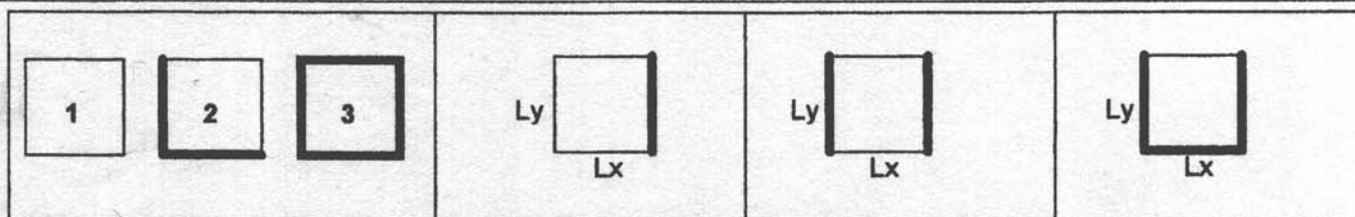
$$M_x = v_x \cdot M_{x0}$$

$$M_y = v_y \cdot M_{y0}$$

Losa sobre muro

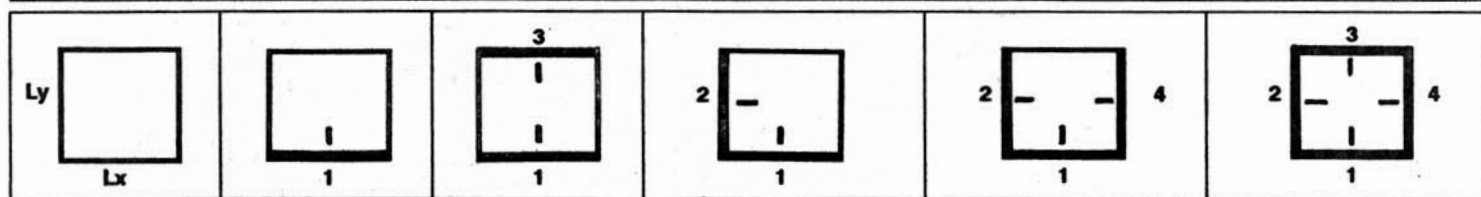
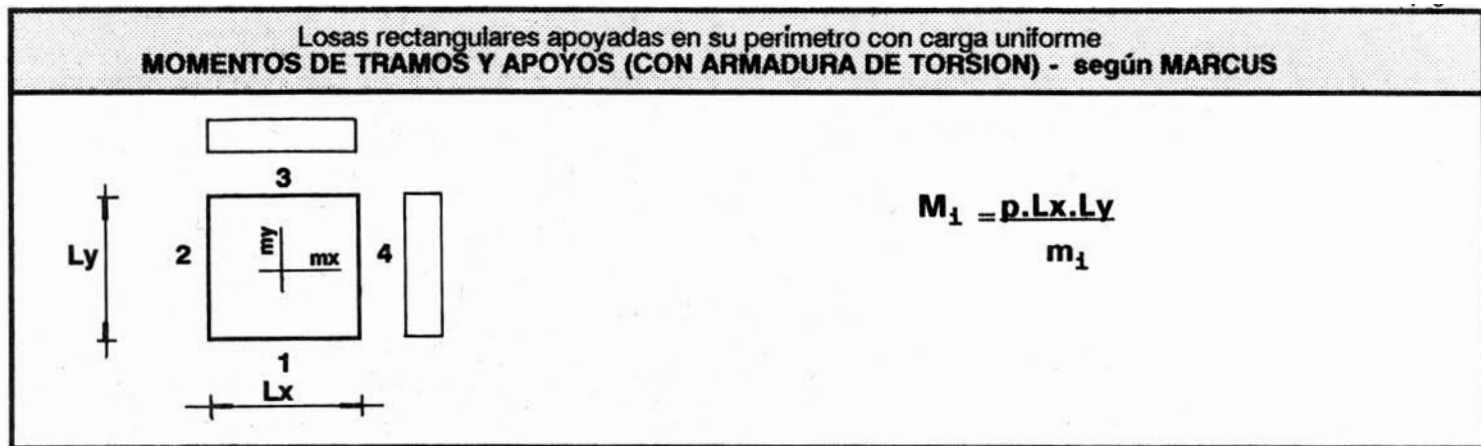
$$M_x = \frac{1 + v_x}{2} \cdot M_{x0}$$

$$M_y = \frac{1 + v_y}{2} \cdot M_{y0}$$



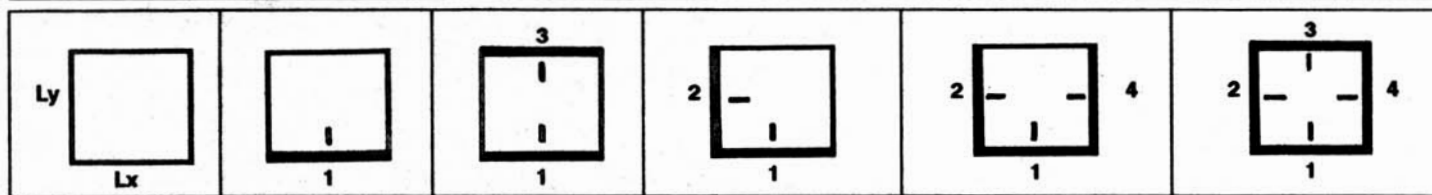
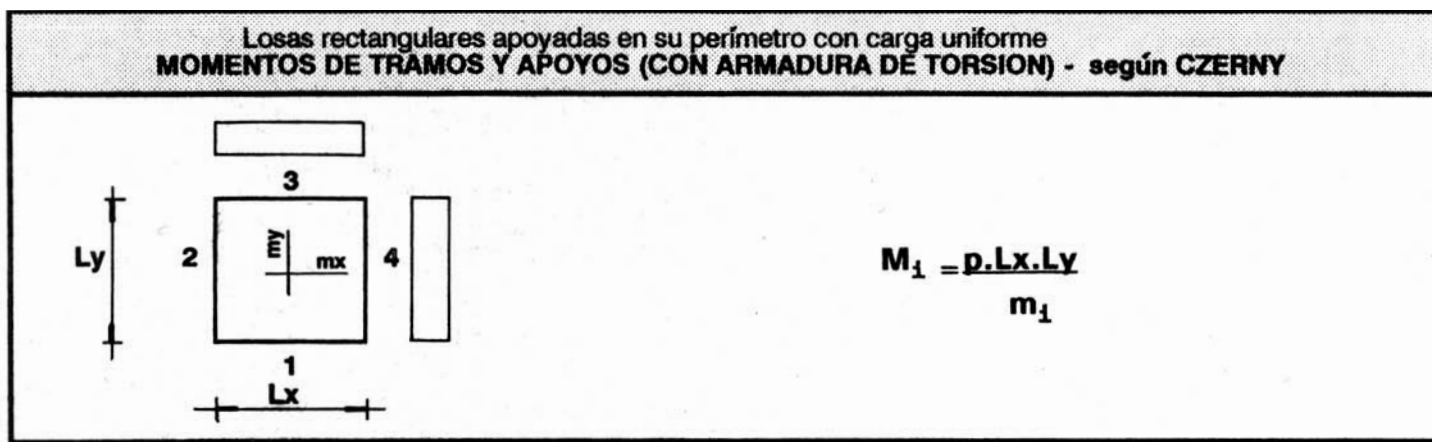
Ly/Lx	χx	χy	vx+vy			vx	χx	vy	vx	χy	χx	vy	vx	χy	χx	vy	vx
			1	2	3												
0.25	0.059	0.941	0.804	0.890	0.935	0.864	0.136	0.820	0.745	0.762	0.238	0.840	0.735	0.111	0.889	0.877	0.896
0.30	0.084	0.916	0.770	0.870	0.923	0.813	0.187	0.795	0.710	0.686	0.314	0.827	0.712	0.155	0.845	0.858	0.880
0.35	0.115	0.885	0.734	0.850	0.911	0.756	0.244	0.773	0.682	0.607	0.393	0.818	0.697	0.205	0.795	0.842	0.866
0.40	0.151	0.849	0.701	0.832	0.900	0.692	0.308	0.756	0.659	0.528	0.472	0.814	0.689	0.263	0.737	0.827	0.854
0.45	1.194	0.806	0.670	0.814	0.890	0.625	0.375	0.744	0.641	0.453	0.547	0.815	0.690	0.324	0.676	0.816	0.845
0.50	1.240	0.760	0.644	0.799	0.881	0.558	0.442	0.738	0.631	0.387	0.613	0.818	0.697	0.387	0.613	0.809	0.838
0.55	0.291	0.709	0.621	0.787	0.874	0.493	0.507	0.737	0.628	0.328	0.672	0.825	0.708	0.450	0.550	0.805	0.835
0.60	0.343	0.657	0.605	0.777	0.868	0.433	0.567	0.739	0.633	0.277	0.723	0.833	0.722	0.512	0.488	0.803	0.835
0.65	0.396	0.604	0.592	0.770	0.864	0.379	0.621	0.744	0.641	0.233	0.767	0.842	0.737	0.568	0.432	0.805	0.836
0.70	0.449	0.551	0.585	0.766	0.862	0.329	0.671	0.752	0.651	0.197	0.803	0.851	0.753	0.620	0.380	0.809	0.839
0.75	0.500	0.500	0.583	0.765	0.861	0.286	0.714	0.762	0.665	0.167	0.833	0.861	0.769	0.667	0.333	0.815	0.844
0.80	0.548	0.452	0.587	0.767	0.862	0.247	0.753	0.773	0.679	0.141	0.859	0.870	0.784	0.709	0.291	0.822	0.850
0.85	0.593	0.407	0.592	0.770	0.864	0.215	0.785	0.783	0.695	0.121	0.879	0.878	0.798	0.745	0.255	0.829	0.855
0.90	0.636	0.364	0.599	0.775	0.867	0.186	0.814	0.795	0.711	0.103	0.897	0.887	0.811	0.777	0.223	0.837	0.862
0.95	0.675	0.325	0.609	0.781	0.870	0.162	0.838	0.806	0.727	0.088	0.912	0.894	0.824	0.806	0.194	0.844	0.869
1.00	0.709	0.291	0.622	0.787	0.874	0.141	0.859	0.816	0.743	0.076	0.924	0.901	0.836	0.830	0.170	0.852	0.875
1.10	0.741	0.259	0.635	0.794	0.878	0.123	0.877	0.827	0.757	0.065	0.935	0.908	0.846	0.851	0.149	0.860	0.882
1.20	0.769	0.231	0.649	0.802	0.883	0.108	0.892	0.836	0.771	0.057	0.943	0.914	0.856	0.869	0.131	0.869	0.888
1.30	0.793	0.207	0.663	0.810	0.888	0.094	0.906	0.846	0.783	0.050	0.950	0.919	0.865	0.885	0.115	0.875	0.894
1.40	0.815	0.185	0.677	0.818	0.892	0.083	0.917	0.854	0.796	0.043	0.957	0.924	0.874	0.898	0.102	0.881	0.899
1.50	0.835	0.165	0.691	0.826	0.898	0.073	0.927	0.863	0.808	0.038	0.962	0.929	0.881	0.910	0.090	0.888	0.905
1.60	0.854	0.146	0.704	0.834	0.902	0.070	0.930	0.870	0.817	0.034	0.966	0.932	0.887	0.920	0.080	0.894	0.911
1.70	0.868	0.132	0.718	0.841	0.906	0.058	0.942	0.876	0.828	0.030	0.970	0.937	0.895	0.929	0.071	0.899	0.915
1.80	0.882	0.118	0.731	0.848	0.910	0.052	0.948	0.884	0.837	0.026	0.974	0.940	0.901	0.936	0.064	0.903	0.919
1.90	0.893	0.107	0.742	0.855	0.914	0.046	0.954	0.889	0.845	0.023	0.977	0.944	0.906	0.943	0.057	0.909	0.923
2.00	0.905	0.095	0.754	0.862	0.918	0.040	0.960	0.896	0.853	0.021	0.979	0.947	0.911	0.950	0.050	0.914	0.927
2.25	0.913	0.087	0.765	0.868	0.922	0.037	0.963	0.900	0.860	0.019	0.981	0.949	0.916	0.954	0.046	0.918	0.931
2.50	0.920	0.080	0.776	0.874	0.925	0.033	0.967	0.906	0.867	0.016	0.984	0.952	0.920	0.960	0.040	0.922	0.934
3.00	0.929	0.071	0.785	0.880	0.929	0.030	0.970	0.910	0.874	0.015	0.985	0.954	0.924	0.963	0.037	0.926	0.937
3.50	0.935	0.065	0.795	0.885	0.932	0.027	0.973	0.915	0.881	0.014	0.986	0.957	0.928	0.966	0.034	0.929	0.940
4.00	0.941	0.059	0.804	0.890	0.935	0.025	0.975	0.917	0.886	0.012	0.988	0.959	0.932	0.970	0.030	0.933	0.943

Tabla 4.1.2 - pág.27



$L_y/L_x$	$m_x$	$m_y$	$m_x$	$m_y$	$m_1$	$m_x$	$m_y$	$m_{1-3}$	$m_x$	$m_y$	$m_1$	$m_2$	$m_x$	$m_y$	$m_1$	$m_{2-4}$	$m_x$	$m_y$	$m_{1-3}$	$m_{2-4}$
0.50	84.59	21.15	178.5	32.92	16.40	337.9	52.18	24.30	135.9	33.97	17.00	32.00	123.2	35.72	18.00	36.00	218.3	54.57	25.50	48.00
0.55	68.25	20.64	138.0	31.05	15.08	257.6	48.43	22.22	107.2	32.44	15.88	29.09	99.45	34.76	17.21	32.73	170.6	51.60	23.81	43.64
0.60	56.97	20.51	109.9	29.70	14.02	201.8	45.47	20.52	87.44	31.48	15.06	26.67	83.16	34.47	16.79	30.00	137.7	49.57	22.59	40.00
0.65	48.96	20.68	89.84	28.76	13.19	161.9	43.13	19.12	73.36	30.99	14.50	24.62	71.70	34.77	16.70	27.69	114.4	48.33	21.76	36.92
0.70	43.12	21.13	75.10	28.17	12.53	132.6	41.30	17.97	63.11	30.92	14.17	22.86	63.46	35.60	16.92	25.71	97.47	47.76	21.26	34.29
0.75	38.77	21.81	64.07	27.89	12.02	110.6	39.89	17.01	55.49	31.22	14.04	21.33	52.44	36.93	17.42	23.22	84.97	47.80	21.06	32.00
0.80	35.43	22.68	55.67	27.88	11.64	93.77	38.84	16.23	49.74	31.83	14.10	20.00	53.00	28.73	18.19	21.32	75.61	48.39	21.14	30.00
0.85	32.80	23.70	49.16	28.10	11.38	80.74	38.11	15.59	45.34	32.75	14.32	18.82	49.70	40.99	19.24	19.97	68.51	49.50	21.49	28.24
0.90	30.68	24.85	44.06	28.53	11.22	70.48	37.66	15.08	41.92	33.96	14.72	17.78	47.26	43.72	20.55	19.03	63.09	51.11	22.08	26.67
0.95	28.92	26.10	40.00	29.15	11.16	62.31	37.45	14.69	39.25	35.42	15.28	16.84	45.47	46.91	22.14	18.40	58.93	53.19	22.92	25.26
1.00	27.43	27.43	36.75	29.93	11.20	55.74	37.47	14.40	37.15	37.15	16.00	16.00	44.18	50.57	24.00	18.00	55.74	55.74	24.00	24.00
1.10	25.07	30.33	31.95	31.92	11.53	46.03	38.12	14.10	34.20	41.39	17.60	14.31	42.73	59.36	26.40	17.71	51.45	62.25	26.40	22.22
1.20	23.34	33.61	28.71	34.36	12.20	39.44	39.45	14.15	32.42	46.68	19.20	14.23	42.32	70.21	28.80	17.87	49.08	70.67	28.80	21.34
1.30	22.12	37.38	26.46	37.19	13.18	34.85	41.37	14.50	31.42	53.09	20.80	14.04	42.62	83.26	31.20	18.33	47.96	81.06	31.20	21.06
1.40	21.30	41.75	24.90	40.40	14.50	31.62	43.80	15.16	30.97	60.70	22.40	14.12	43.42	98.65	33.60	18.99	47.71	93.51	33.60	21.17
1.50	20.80	46.81	23.84	44.03	16.13	29.31	46.70	16.10	30.93	69.59	24.00	14.37	44.56	116.5	36.00	19.78	48.07	108.2	38.00	21.56
1.60	20.56	52.63	23.13	48.14	17.92	27.68	50.07	17.33	31.18	79.82	25.60	14.75	45.96	137.1	38.40	20.66	48.86	125.1	38.40	22.13
1.70	20.51	59.27	22.71	52.79	19.04	26.53	53.90	18.85	31.66	91.49	27.20	15.23	45.56	160.4	40.80	21.62	49.97	144.4	40.80	22.84
1.80	20.61	66.78	22.50	58.03	20.16	25.74	58.24	20.66	32.31	104.7	28.80	15.77	49.29	186.7	43.20	22.63	51.33	166.3	43.20	23.66
1.90	20.83	75.21	22.47	63.91	21.28	25.24	63.10	22.78	33.09	119.4	30.40	16.37	51.14	216.1	45.60	23.67	52.88	190.9	45.60	24.55
2.00	21.15	84.59	22.57	70.48	22.40	24.94	68.53	25.20	33.97	135.9	32.00	17.00	53.07	248.8	48.00	24.75	54.57	218.3	48.00	25.50

Tabla 4.1.3 - pág.28

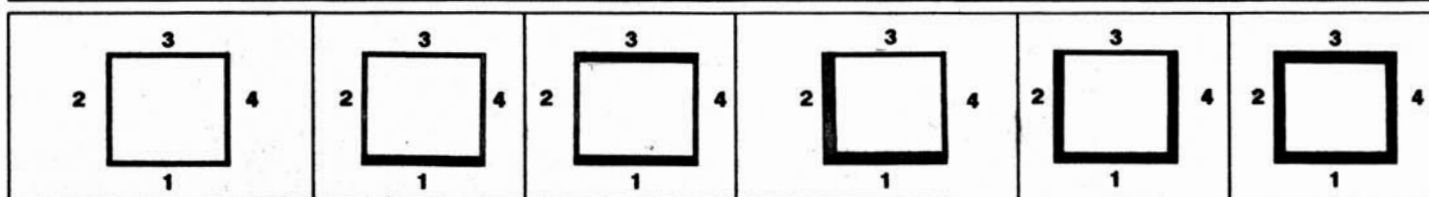
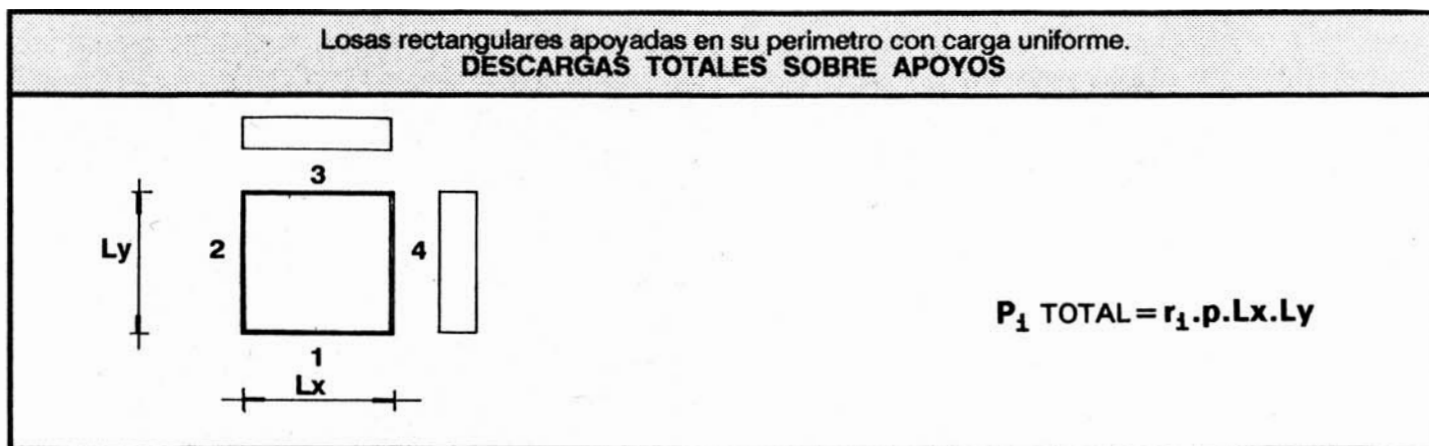


Ly/Lx	mx	my	mx	my	m1-3	mx	my	m1-3	mx	my	m1	m2	mx	my	m1	m2-4	mx	my	m1-	m2-4
0.50	80.6	20.8	118.0	34.2	16.6	154.0	48.2	24.0	120.0	35.8	16.8	24.4	202.0	37.4	17.6	24.6	210.0	50.0	24.0	35.0
0.55	70.3	20.4	108.0	32.3	15.2	140.0	44.4	21.9	106.0	34.5	15.7	22.2	149.0	36.9	16.9	22.5	188.0	47.1	22.2	31.9
0.60	62.1	20.2	96.2	30.9	14.9	128.0	41.5	20.0	93.2	33.7	15.0	20.5	112.0	36.9	16.4	20.9	167.0	45.4	21.0	29.2
0.65	54.1	20.4	87.8	30.0	13.7	118.0	39.3	18.6	82.8	33.3	14.5	19.0	88.5	37.4	16.0	19.6	147.0	44.5	20.1	27.0
0.70	47.5	20.8	78.3	29.2	13.1	108.0	37.7	17.5	73.3	33.5	14.1	17.9	73.7	38.7	15.8	18.5	125.0	44.4	19.4	25.0
0.75	42.1	21.5	70.5	28.7	12.7	99.0	36.5	16.7	65.0	33.8	13.9	16.9	64.3	39.8	15.7	17.6	104.0	44.9	18.9	23.4
0.80	37.4	22.3	63.1	28.4	12.4	90.7	35.7	16.0	57.8	34.3	13.8	16.1	57.2	41.8	15.9	17.0	87.5	46.1	18.7	22.2
0.85	34.0	23.3	56.5	28.3	12.1	82.8	35.1	15.4	51.7	35.5	13.8	15.5	52.3	44.5	16.3	16.6	76.0	48.0	18.6	21.2
0.90	31.4	24.5	50.8	28.3	12.0	75.5	34.8	14.9	47.0	37.0	13.9	15.0	48.8	47.8	16.9	16.3	67.7	50.3	18.7	20.4
0.95	29.1	25.8	45.5	28.7	11.9	68.3	34.8	14.6	43.2	38.7	14.1	14.6	46.2	51.7	17.5	16.2	61.8	53.2	19.0	19.8
1.00	27.2	27.2	41.2	29.4	11.9	61.7	35.1	14.3	40.2	40.2	14.3	14.3	44.1	55.9	18.3	16.2	56.8	56.8	19.4	19.4
1.10	24.6	30.7	35.1	31.7	12.0	50.7	36.2	14.0	37.2	46.2	15.0	14.0	41.7	66.4	19.5	16.3	50.7	66.3	20.2	18.8
1.20	22.9	34.9	31.1	34.7	12.1	42.6	38.0	13.8	35.0	52.8	15.7	13.8	40.6	78.2	20.9	16.7	47.3	79.0	21.5	18.6
1.30	21.8	40.2	28.2	38.6	12.5	37.0	40.6	13.9	34.0	61.9	16.6	13.9	40.3	89.6	22.6	17.2	45.3	95.6	22.9	18.8
1.40	21.0	45.9	26.4	43.2	12.9	33.2	44.0	14.0	33.5	71.5	17.6	14.0	40.6	101.0	24.4	17.8	44.6	117.0	24.5	19.2
1.50	20.6	52.1	24.9	48.5	13.3	30.6	48.2	14.2	33.2	79.5	18.6	14.3	41.4	113.0	26.3	18.7	44.4	140.0	26.2	19.8
1.60	20.3	57.8	24.0	54.0	13.9	28.6	53.4	14.7	33.5	87.6	19.7	14.7	42.4	126.0	28.0	19.7	44.9	157.0	28.0	20.5
1.70	20.2	63.5	23.5	59.4	14.4	27.2	59.4	15.1	33.8	95.7	20.8	15.1	43.7	140.0	29.8	20.7	45.7	172.0	29.7	21.2
1.80	20.4	69.4	23.1	65.2	15.1	26.3	66.8	15.7	34.4	104.0	22.0	15.6	45.2	156.0	31.5	21.8	46.8	186.0	31.5	22.1
1.90	20.6	74.9	22.8	71.3	15.8	25.4	75.5	16.1	35.0	112.0	23.2	16.2	46.9	174.0	33.2	22.9	48.2	198.0	33.2	23.0
2.00	20.8	80.6	22.8	77.6	16.4	25.0	85.4	16.8	35.8	120.0	24.4	16.8	49.9	194.0	35.4	24.0	50.0	210.0	35.0	24.0

FUENTE: Tablas y Abacos para Proyecto de Estructura / Instituto de la Construcción de Edificios / Depto. de Estabilidad



Tabla 4.1.6 - pág.31



Ly/Lx	r1-3	r2-4	r1	r2-4	r3	r1-3	r2-4	r1	r2	r3	r4	r1	r2-4	r3	r1-3	r2-4
0.50	0.375	0.125	0.517	0.092	0.299	0.428	0.072	0.475	0.158	0.275	0.092	0.434	0.158	0.250	0.375	0.125
0.55	0.362	0.138	0.506	0.101	0.292	0.421	0.079	0.460	0.174	0.265	0.101	0.414	0.174	0.238	0.362	0.138
0.60	0.350	0.150	0.494	0.110	0.286	0.413	0.087	0.444	0.190	0.256	0.110	0.393	0.190	0.227	0.350	0.150
0.65	0.338	0.162	0.483	0.119	0.279	0.406	0.094	0.428	0.206	0.247	0.119	0.373	0.206	0.215	0.338	0.162
0.70	0.325	0.175	0.472	0.128	0.272	0.399	0.101	0.412	0.222	0.238	0.128	0.354	0.221	0.204	0.325	0.175
0.75	0.312	0.188	0.460	0.137	0.266	0.392	0.108	0.396	0.238	0.229	0.137	0.334	0.237	0.192	0.312	0.188
0.80	0.300	0.200	0.449	0.146	0.259	0.385	0.115	0.380	0.254	0.220	0.146	0.312	0.254	0.180	0.300	0.200
0.85	0.288	0.212	0.436	0.156	0.252	0.377	0.123	0.365	0.269	0.210	0.156	0.294	0.268	0.170	0.288	0.212
0.90	0.275	0.225	0.425	0.165	0.245	0.370	0.130	0.349	0.285	0.201	0.165	0.278	0.281	0.160	0.275	0.225
0.95	0.262	0.238	0.413	0.174	0.239	0.363	0.137	0.333	0.301	0.192	0.174	0.264	0.292	0.152	0.262	0.238
1.00	0.250	0.250	0.402	0.183	0.232	0.356	0.144	0.317	0.317	0.183	0.183	0.250	0.303	0.144	0.250	0.250
1.10	0.227	0.273	0.379	0.201	0.219	0.341	0.159	0.288	0.346	0.166	0.200	0.227	0.321	0.131	0.227	0.273
1.20	0.208	0.292	0.355	0.220	0.205	0.327	0.173	0.264	0.370	0.153	0.214	0.208	0.336	0.120	0.208	0.292
1.30	0.192	0.308	0.332	0.238	0.192	0.312	0.188	0.244	0.390	0.141	0.225	0.192	0.348	0.112	0.192	0.308
1.40	0.179	0.321	0.309	0.256	0.179	0.298	0.202	0.226	0.408	0.131	0.235	0.179	0.359	0.103	0.179	0.321
1.50	0.167	0.333	0.289	0.272	0.167	0.283	0.217	0.211	0.423	0.122	0.244	0.167	0.368	0.097	0.167	0.333
1.60	0.156	0.344	0.272	0.286	0.156	0.269	0.231	0.198	0.436	0.114	0.252	0.156	0.377	0.090	0.156	0.344
1.70	0.147	0.353	0.255	0.299	0.147	0.255	0.245	0.186	0.448	0.108	0.258	0.147	0.384	0.085	0.147	0.353
1.80	0.139	0.361	0.241	0.310	0.139	0.241	0.259	0.176	0.458	0.102	0.264	0.139	0.390	0.081	0.139	0.361
1.90	0.132	0.368	0.228	0.320	0.132	0.228	0.272	0.167	0.467	0.096	0.270	0.132	0.396	0.076	0.132	0.368
2.00	0.125	0.375	0.217	0.329	0.125	0.217	0.283	0.158	0.475	0.092	0.275	0.125	0.401	0.073	0.125	0.375

Tabla 5.3.1 - pág.62

**Vigas continuas con inercia constante - Tramos iguales - Igual carga permanente y eventual uniforme**  
**MOMENTOS DE TRAMO Y APOYO - ABCISAS - CORTANTES**

**2 TRAMOS**

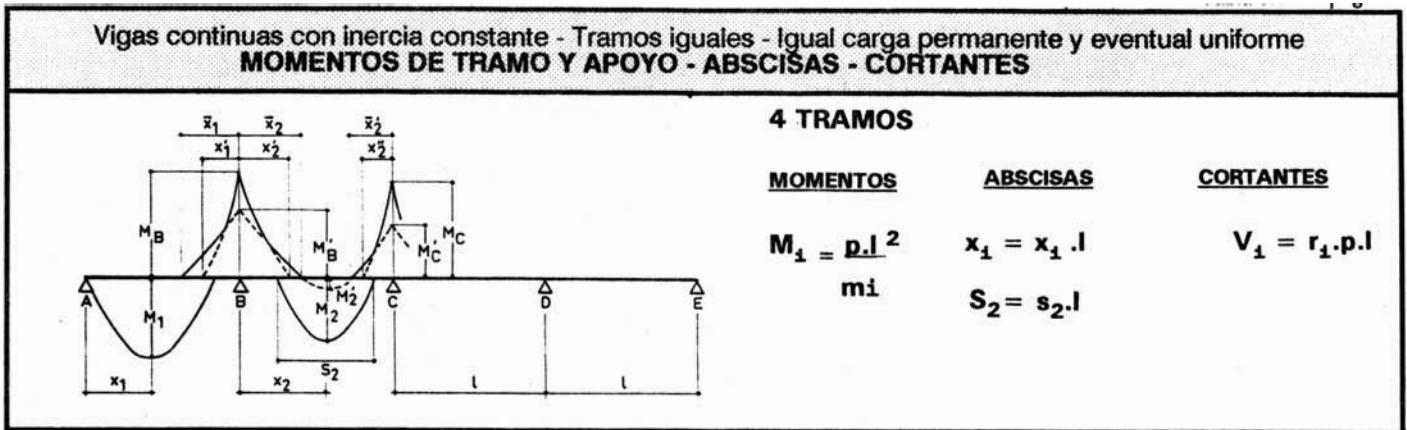
<u>MOMENTOS</u>	<u>ABSCISAS</u>	<u>CORTANTES</u>
$M_1 = \frac{p \cdot l^2}{8} m_1$	$x_1 = X_1 \cdot l$	$V_1 = r_1 \cdot p \cdot l$
$M_B = \frac{p \cdot l^2}{8}$	$x'_1 = 0.25 \cdot l$	

g/p =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
<b>m1</b>	10.45	10.75	11.07	11.40	11.75	12.12	12.50	12.90	13.32	13.76	14.22	
<b>m'B</b>	16.00	14.54	13.33	12.31	11.43	10.66	10.00	9.41	8.89	8.42	8.00	
<b>X1</b>	0.438	0.431	0.425	0.419	0.413	0.406	0.400	0.394	0.388	0.381	0.375	
<b>X1</b>	1.000	1.000	0.750	0.542	0.438	0.375	0.333	0.304	0.282	0.264	0.250	
<b>rA1</b>	max.	0.438	0.431	0.425	0.419	0.413	0.406	0.400	0.394	0.388	0.381	0.375
	min.	-0.062	-0.019	0.025	0.069	0.112	0.156	0.200	0.244	0.287	0.331	0.375
<b>rB2</b>	max.	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	
	min.	0.000	0.062	0.125	0.187	0.250	0.312	0.375	0.437	0.500	0.562	0.625

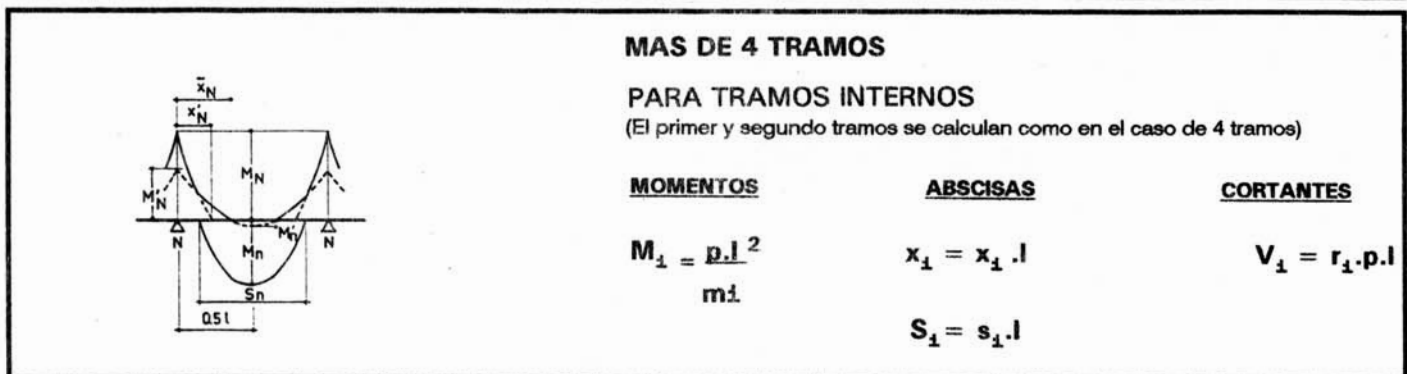
**3TRAMOS**

<u>MOMENTOS</u>	<u>ABSCISAS</u>	<u>CORTANTES</u>
$M_1 = \frac{p \cdot l^2}{8} m_1$	$x_1 = X_1 \cdot l$	$V_1 = r_1 \cdot p \cdot l$
	$S_1 = s_1 \cdot l$	

g/p	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
<b>m1</b>	9.88	10.19	10.33	10.57	10.82	11.07	11.34	11.61	11.90	12.19	12.50	
<b>m2</b>	13.33	14.28	15.38	16.67	18.18	20.00	22.22	24.00	24.00	24.00	24.00	
<b>m'2</b>	-20.00	-23.53	-28.57	-36.36	-50.00	-80.00	-200.0	400.00	100.00	57.14	40.00	
<b>mB</b>	8.57	8.70	8.82	8.96	9.09	9.23	9.38	9.52	9.68	9.84	10.00	
<b>m'B</b>	20.00	18.18	16.67	15.38	14.29	13.33	12.50	11.76	11.11	10.53	10.00	
<b>X1</b>	0.450	0.445	0.440	0.435	0.430	0.425	0.420	0.415	0.410	0.405	0.400	
<b>S2</b>	0.775	0.748	0.721	0.693	0.663	0.632	0.600	0.578	0.578	0.578	0.578	
<b>X'1</b>	0.233	0.230	0.227	0.223	0.220	0.217	0.213	0.210	0.207	0.203	0.200	
<b>X'2</b>	0.255	0.257	0.259	0.261	0.263	0.265	0.267	0.269	0.271	0.273	0.276	
<b>X1</b>	1.000	1.000	0.600	0.433	0.350	0.300	0.267	0.243	0.225	0.211	0.200	
<b>X2</b>	-	-	-	-	-	-	-	0.416	0.342	0.303	0.276	
<b>rA1</b>	max.	0.450	0.445	0.440	0.435	0.430	0.425	0.420	0.415	0.410	0.405	0.400
	min.	-0.050	-0.005	0.040	0.085	0.130	0.175	0.220	0.265	0.310	0.355	0.400
<b>rB1</b>	max.	0.617	0.615	0.613	0.612	0.610	0.608	0.607	0.605	0.603	0.602	0.600
	min.	-0.017	0.045	0.107	0.168	0.230	0.292	0.353	0.415	0.477	0.538	0.600
<b>rB2</b>	max.	0.583	0.575	0.567	0.558	0.550	0.542	0.533	0.525	0.517	0.508	0.500
	min.	-0.083	-0.025	0.033	0.092	0.150	0.208	0.267	0.325	0.383	0.442	0.500



g/p =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
m1	10.04	10.28	10.53	10.80	11.07	11.36	11.65	11.96	12.28	12.61	12.96
m2	12.40	13.14	13.96	14.87	15.92	17.12	18.52	20.17	22.15	24.00	24.00
m'2	-22.40	-27.31	-35.00	-48.69	-80.00	-224.0	280.00	86.15	50.91	36.13	28.00
mB	8.30	8.39	8.48	8.58	8.68	8.78	8.89	9.00	9.11	9.22	9.33
mC	9.33	9.66	10.00	10.37	10.76	11.20	11.66	12.17	12.73	13.33	14.00
m'B	18.67	16.97	15.55	14.34	13.33	12.44	11.67	10.98	10.37	9.82	9.33
m'C	28.00	25.45	23.32	21.51	20.00	18.66	17.50	16.47	15.55	14.74	14.00
X1	0.446	0.441	0.436	0.430	0.425	0.420	0.414	0.409	0.404	0.398	0.393
X2	0.518	0.520	0.521	0.523	0.525	0.527	0.529	0.530	0.532	0.534	0.536
S2	0.803	0.780	0.757	0.733	0.709	0.684	0.657	0.630	0.601	0.577	0.577
X'1	0.241	0.238	0.236	0.233	0.230	0.228	0.225	0.222	0.219	0.217	0.214
X'2	0.253	0.254	0.255	0.256	0.258	0.259	0.260	0.262	0.263	0.265	0.266
X'2	0.236	0.233	0.230	0.226	0.222	0.219	0.214	0.210	0.205	0.200	0.195
x1	1.000	1.000	0.643	0.465	0.375	0.322	0.286	0.262	0.242	0.227	0.214
x2	-	-	-	-	-	-	0.428	0.356	0.315	0.287	0.266
x'2	-	-	-	-	-	-	0.333	0.269	0.235	0.211	0.195
rA1	max.	0.446	0.441	0.436	0.430	0.425	0.420	0.414	0.409	0.404	0.398
rA1	min.	-0.054	-0.009	0.036	0.080	0.125	0.170	0.214	0.259	0.304	0.348
rB1	max.	0.621	0.619	0.618	0.617	0.615	0.614	0.613	0.611	0.610	0.609
rB1	min.	-0.013	0.049	0.111	0.173	0.235	0.297	0.359	0.421	0.483	0.545
rB2	max.	0.603	0.596	0.589	0.583	0.576	0.569	0.563	0.556	0.549	0.542
rB2	min.	-0.067	-0.007	0.054	0.114	0.174	0.234	0.295	0.355	0.415	0.475
rC2	max.	0.571	0.561	0.550	0.539	0.529	0.518	0.507	0.497	0.486	0.475
rC2	min.	-0.107	-0.050	0.007	0.064	0.122	0.179	0.236	0.293	0.350	0.407



g/p =	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
tramo	mn	12.00	12.63	13.33	14.12	15.00	16.00	17.14	18.46	20.00	21.82	24.00
	m'n	-24.00	-30.00	-40.00	-60.00	-120.0	?	120.0	60.00	40.00	30.00	24.00
apoyo	mN	8.785	9.027	9.283	9.553	9.840	10.14	10.46	10.81	11.18	11.57	12.00
	m'N	24.00	21.82	20.00	18.46	17.14	16.00	15.00	14.12	13.33	12.63	12.00
SN	0.817	0.796	0.775	0.753	0.730	0.707	0.683	0.658	0.632	0.605	0.577	
X'N	0.242	0.239	0.236	0.233	0.231	0.228	0.225	0.221	0.218	0.214	0.211	
XN	-	-	-	-	-	0.500	0.333	0.282	0.250	0.228	0.211	
rN	max.	0.592	0.582	0.573	0.564	0.555	0.546	0.537	0.528	0.518	0.509	0.500
	min.	-0.092	-0.032	0.027	0.086	0.145	0.204	0.263	0.323	0.382	0.441	0.500