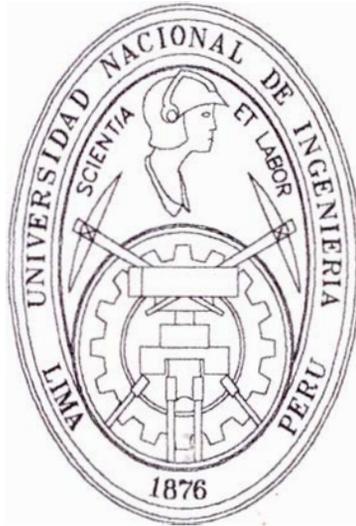


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE REACCIONES SOBRE LOS APOYOS,
EN LOSAS RECTANGULARES BIDIRECCIONALES**

INFORME DE INGENIERIA

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL**

MISAEL CIPRIANO JOAQUÍN VÁSQUEZ

**Lima-Perú
2001**

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar agradecimientos muy especiales al Dr. Hugo Scaletti Farina por su asesoramiento, y al Ing. Luis Vargas Rodríguez por su apoyo, al desarrollo del presente trabajo.

A todos mis compañeros y profesores de nuestra prestigiosa Universidad Nacional de Ingeniería.

A Dios,
A mis Padres Raúl y Trinidad,
A mi hija Elizabeth, Y a mis Hermanos.

PREFACIO

Hay un frase que recuerdo siempre, y a veces es una respuesta a nuestra vida en este mundo; y dice así:

“Aventura, es un reto que se hace uno mismo”

Que hombre o ser humano no se ha sentido aventurero por lo menos una vez en su vida; esta vida es un continuo apostar, arriesgar, aunque se pierda o se gane, nunca debe perderse ese espíritu de lucha; por supuesto que hay manera de minimizar las posibles perdidas y es mejor conocerlas y emplearlas siempre.

Con respecto a la carrera de Ingeniería civil; esta es muy gratificante, ya que es una profesión que puede aportar beneficios a la sociedad; y ese es el fin que debe aspirar todo ser humano.

Un estudio y posterior construcción de una estructura, o inclusive una investigación bien realizada y reconocida es una aspiración mía; pues con ella uno puede trascender a muchas otras personas.

En este momento existe cierto recelo en los conocimientos adquiridos sobre nuestro campo; aunque esto se va disipando con publicaciones de universidades e instituciones dedicadas a la investigación; pero es anecdótico que como el Reglamento Nacional de Construcciones (RNC), en algunos artículos concisos y no explícitos, pueda tener varias interpretaciones, si las investigaciones y conclusiones que dieron origen a esos artículos son únicos.

El proceso de desarrollo de un proyecto de ingeniería para el caso de edificios, debe darse en una coordinación armoniosa, principalmente entre Ingenieros civiles y Arquitectos, en la que los últimos proponen dimensiones de elementos estructurales (de acuerdo a su concepción profesional del proyecto) y nosotros verificamos la factibilidad de tales dimensiones, hasta lograr un predimensionamiento de todos los elementos estructurales, que satisfice la concepción del Arquitecto, además de ser factible de construir, que de seguridad a la edificación y si es posible que sea eficiente y económico. (en esta parte jugamos el rol de asesores de los Arquitectos).

Vaya que hay mucho que hacer en nuestro país (como lo mencionó por primera vez el poeta Cesar A. Vallejo), por ello hay que seguir siempre adelante con fe y optimismo, seguros de nuestros conocimientos adquiridos, sin dejar de recordar a la Divina Providencia.

EL AUTOR

INTRODUCCION

El presente informe de ingeniería, tiene como fin tratar de explicar la interacción losa bidireccional – bordes de apoyo (en lo que respecta a transmisión de esfuerzos), ante la sollicitación de cargas transversales al plano de la losa, que pueden ser consideradas típicas en edificaciones. Debido a lo extenso del procedimiento y resultados se analizara únicamente 2 sistemas de carga sobre la losa, que pueden considerarse como típicas : una carga lineal centrada que va del punto medio de un borde al punto medio del borde opuesto, y una carga superficial uniformemente distribuida.

Asimismo pretende ser un aporte a la profesión, realizando una investigación que es de importancia en el análisis de edificaciones que consideren en su configuración losas bidireccionales (macizas o nervadas en ambos sentidos), pues trata de llenar un vacío, ya que la distribución de cargas sobre la losa hacia los apoyos (que pueden ser vigas que forman parte de pórticos a analizarse) se realiza de acuerdo al criterio de cada profesional, llegando muchas veces a sobrestimar la carga que soporta cada elemento de apoyo, con el propósito de darle seguridad al análisis; pues no se está seguro del criterio empleado.

Las expresiones derivadas y resultados están basadas en la teoría de losas delgadas con pequeñas flechas ($h/a < 1/5$ y $\delta < h/5$); Así como el análisis se considera en el rango lineal elástico.

Se acentúa el enfoque práctico, al mismo tiempo que se presentan los métodos en una forma tan sencilla y breve como sea posible.

El capítulo 1; trata de enfocar el objetivo, al mismo tiempo que se resume los procedimientos usuales de distribución de cargas en edificaciones.

Los capítulos 2 y 3; son en si el trabajo de investigación, el cual se inicia planteando la solución teórica (para algunos casos), y la solución empleando el método de elementos finitos, para el análisis de varios casos de cargas distribuidas y para todas las posibles combinaciones de borde (16). Los resultados de reacciones verticales en los bordes de apoyo son normalizadas (independizándolo de la carga y de las dimensiones de la losa), para luego determinar aquella carga distribuida sencilla, regular y conocida (carga distribuida uniforme, distribuida triangular, distribuida triangular y puntual, y carga puntual) que se ajuste mejor a la carga distribuida real; esto con el objetivo de emplear estas cargas distribuidas propuestas y realizar un mejor análisis de pórticos bajo cargas de gravedad (las cargas posibles reales a hacer ajustadas son por : peso propio de losa + acabados, peso de tabiquerías sobre la losa, e inclusive la carga viva uniformemente distribuida). Asimismo en el capítulo 3 en la parte de “suposiciones” se presenta la metodología empleado en la presente investigación.

En el capítulo 4, se presenta gráficamente los resultados obtenidos para cada caso analizado.

En el capítulo 5; se realiza una aplicación práctica para una estructura sencilla, comparando los resultados (empleando el programa SAP) al realizar un análisis tridimensional losa – pórticos (incluyendo en el modelo a la losa con elementos SHELL) aplicando la carga directamente sobre la losa, versus los resultados de una análisis tridimensional de solo pórticos, en el cual se aplica las cargas distribuidas propuestas sobre las vigas de los pórticos que corresponden a cada borde.

En el capítulo 6; se presenta las conclusiones y recomendaciones a las que se han llegado en la presente investigación.

Tambien se presenta el apéndice A, con indicadores fácilmente entendibles y definidas en el presente informe, que han sido el criterio principal para seleccionar la mejor carga distribuida propuesta para cada borde en todos los casos analizados.

INDICE

Capítulo 1 :	Sistemas de distribución de cargas en el procedimiento de análisis de edificaciones de concreto armado	6
1.1.	¿Que es un sistema de distribución de cargas?	7 ✓
1.2.	Sistemas o métodos conocidos de distribución de cargas sobre apoyos de losas bidireccionales	9
1.3.	Otros sistemas de distribución de cargas empleados en el procedimiento de análisis de edificaciones de concreto armado	13
Capítulo 2 :	Estudio de la distribución de reacciones sobre apoyos de losas bidireccionales bajo cargas distribuidas típicas	15
2.1.	Generalidades	16
2.2.	Análisis teórico de losas bidireccionales	17
2.2.1.	Teoría de flexión (losas delgadas con desplazamientos pequeños)	17
2.2.2.	Condiciones de borde	24
2.2.3.	Soluciones de casos particulares de losas rectangulares bajo diferentes condiciones de carga y de borde	30
	Caso S1-a : Losa rectangular bajo carga uniforme q , y 4 bordes simplemente apoyados	30
	Caso S1-b : Losa rectangular bajo carga uniforme q , y 2 bordes simplemente apoyados y los otros 2 empotrados	37

	Caso P1-a : Losa rectangular bajo carga puntual p en el centro de la losa, y 4 bordes simplemente apoyados	46
2.3.	Análisis de losas bidireccionales por el método de elementos finitos	54
2.3.1.	Introducción	54
2.3.2.	Formulación del método de los elementos finitos en problemas de elasticidad lineal	55
2.3.3.	Selección de un grado de partición adecuado para el análisis de losas rectangulares	64
2.3.4.	Evaluación de losas con bordes elásticamente apoyados o elásticamente empotrados	67
	Caso S1-a : Losa rectangular bajo carga uniforme q , y 4 bordes simplemente apoyados.	71
	Caso S1-b : Losa rectangular bajo carga uniforme q , y 2 bordes simplemente apoyados y los otros 2 empotrados.	73
	Caso P1-a : Losa rectangular bajo carga puntual p en el centro de la losa, y 4 bordes simplemente apoyados.	75
2.3.5.	Evaluación de otros Casos de losas con bordes elásticamente apoyados, empleando el método de elementos finitos	77
	Caso S1-c : Losa rectangular bajo carga uniforme q , y empotrado en los 4 bordes.	78
	Caso P1-b : Losa rectangular bajo carga puntual p en el centro de la losa, y simplemente apoyado (articulado) en 2 bordes opuestos y empotrado en los otros dos.	82
	Caso P1-c : Losa rectangular bajo carga puntual p en el centro de la losa, y empotrados en los 4 bordes.	86
	Caso I1-a : Losa rectangular bajo una carga lineal q , que va desde el punto medio de un borde al punto medio del borde opuesto (y es paralelo a los otros dos bordes), y es simplemente apoyado (articulado) en los 4 bordes.	90

Caso II-b :	Losa rectangular bajo una carga lineal q , que va desde el punto medio de un borde al punto medio del borde opuesto (y es paralelo a los otros dos bordes), y es empotrados en los 2 bordes paralelos a la carga, y simplemente apoyado en los otros dos.	95
Caso II-c :	Losa rectangular bajo una carga lineal q , que va desde el punto medio de un borde al punto medio del borde opuesto (y es paralelo a los otros dos bordes), y es empotrado en los 4 bordes.	100
2.3.6.	Influencia de la relación de rigidez de las vigas de borde respecto a la rigidez de la losa, en la evaluación de losas con bordes elásticamente apoyados o elásticamente empotrados	105
	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la reacción vertical máxima en losas cuadradas ($b/a = 1.0$), para todos los casos analizados anteriormente (S1-a, S1-b, S1-c, P1-a, P1-b, P1-c, II-a, II-b, II-c). 	109
	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de la forma de la curva de reacción vertical, en función de la relación (B/D); análisis para el Caso S1-b, en una losa cuadrada ($b/a=1.0$), y una losa rectangular ($b/a=2.0$). 	127
2.3.7.	Influencia de la combinación de bordes rígidos (muros) y bordes elásticos (vigas); análisis para el caso S1-b, en una losa cuadrada ($b/a=1.0$)	133
2.3.8.	Influencia de la escala de dimensiones de una losa, en las curvas de reacciones verticales normalizadas (valores δ) para una cierta relación de dimensiones de losa b/a	145

Capítulo 3 :	Análisis y selección de la mejor carga distribuida equivalente a la distribución de reacciones sobre apoyos de losas bidireccionales	149
3.1.	Generalidades	150
3.2.	Análisis de losas bidireccionales por el método de elementos finitos	151
3.2.1.	Suposiciones	151
3.2.2.	Condiciones de borde	153
3.2.3.	Resultados de esfuerzos normalizados; distribución de reacciones verticales y momentos torsores a lo largo de los apoyos de la losa bidireccional , para una carga lineal I1	158
3.2.4.	Resultados de esfuerzos normalizados; distribución de reacciones verticales y momentos torsores a lo largo de los apoyos de la losa bidireccional , para una carga superficial S1	189
3.3.	Análisis de reacciones en apoyos de la losa, como carga distribuida sobre una viga equivalente	207
3.3.1.	Suposiciones	207
3.3.2.	Tipos de cargas distribuidas propuestas a analizar	208
3.3.3.	Metodología y criterios adoptados para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada apoyo	209
3.3.4.	Tablas con la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, para el sistema de carga lineal I1	211
3.3.5.	Tablas con la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, para el sistema de carga superficial S1	242
Capítulo 4 :	Propuesta de sistema de distribución de cargas sobre apoyos de losas bidireccionales bajo cargas distribuidas típicas (presentación de resultados)	260
4.1.	Generalidades	261

4.2.	Presentación gráfica de cargas distribuidas reales normalizadas y cargas distribuidas propuestas en todos los bordes, para los casos analizados (condiciones de apoyos rígidos)	262
4.2.1.	Gráficos para el sistema de carga lineal II	263
4.2.2.	Gráficos para el sistema de carga superficial S1	292

Capítulo 5	Conclusiones y recomendaciones	311
-------------------	---------------------------------------	------------

5.1.	Conclusiones	312
5.2.	Recomendaciones	327

Bibliografía

Apéndice

A.	Determinación de indicadores estadísticos R (confiabilidad) y C (cobertura).	A-1
-----------	--	-----

CAPITULO 1

**Sistemas de distribución de cargas en el
procedimiento de análisis de edificaciones de
concreto armado**

CAPITULO

1

**SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE CARGAS EN EL
PROCEDIMIENTO DE ANALISIS DE EDIFICACIONES DE
CONCRETO ARMADO****1.1 ¿Qué es un sistema de distribución de cargas?**

Sistema de distribución de cargas es una expresión muy empleada en la profesión de ingeniería; por lo que solo se vera su aplicación en el campo de la ingeniería civil y específicamente en estructuras de edificaciones.

Primero partamos con la definición de sistema

“Sistema es el conjunto de cosas que, ordenadamente relacionadas entre si, contribuyen a un fin determinado”.

En el proceso típico de análisis de una edificación, comprende los siguientes pasos o etapas :

- metrado de cargas
- predimensionamiento
- distribución de cargas

- análisis estructural

La parte de distribución de cargas se da cuando una carga esta aplicada a un conjunto de elementos estructurales y se pretende conocer que parte le corresponde a cada elemento.

En el caso de losas o placas (cargas perpendiculares a su plano) se da para cargas impuestas sobre la losa y estas tienen influencia indirecta en los bordes, ya que a través de la losa, se transmite estas cargas hacia los apoyos.

Un sistema de distribución de cargas dentro proceso de análisis de una edificación, es un procedimiento simplificado de repartición de carga entre mas de un elemento resistente.

Por ejemplo : Una distribución de carga sencilla se da en una viga simplemente apoyada con una carga puntual en el centro de la luz; esta carga puntual se va a repartir entre los dos puntos de apoyo de la viga como reacciones verticales.

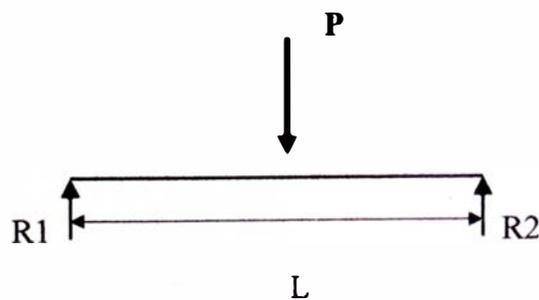


Fig. 1.1. : Viga simplemente apoyada, con una carga P en el centro de la luz.

Para este caso la carga P , se distribuye o reparte entre los apoyos 1 y 2, aplicando las ecuaciones de la estática a este caso, se tiene que la carga P , se reparte la mitad de su valor en el apoyo 1, y la otra mitad en el apoyo 2 ($R1 = R2 = 0.5P$)

Este es una distribución de carga vertical; así como este, también se da una distribución de cargas verticales sobre cada uno de los apoyos de una losa bidireccional.

Normalmente se realiza un análisis práctico simplificando el modelo de la estructura, definiendo sólo pórticos planos (o inclusive pórticos tridimensionales), en lugar del análisis de un modelo tridimensional más real, pero a su vez mucho más compleja (interacción losa pórticos y/o muros) que con la ayuda de la computadora se ha convertido en un análisis laborioso pero abordable.

1.2 Sistemas o métodos conocidos de distribución de cargas sobre apoyos de losas bidireccionales

Cargas aplicadas sobre una losa bidireccional, son repartidos a sus bordes (apoyos) para ser considerados en el análisis de estos. Estos bordes pueden ser vigas que forman parte de pórticos o vigas completamente apoyadas sobre muros (en este caso interesa determinar la presión axial máxima actuante sobre el muro)

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones (Capítulo V; Normas técnicas de edificación E-0.20; Norma de cargas; pág. 268) menciona sobre distribución de cargas verticales de manera general

“La distribución de cargas verticales a los elementos de soporte se establecerá sobre la base de un método reconocido de análisis elástico o de acuerdo a sus áreas tributarias. Se tendrá en cuenta el desplazamiento instantáneo y diferido de los soportes cuando ellos sean significativos”.

Criterio propio (convencional)

Para el caso de distribución de cargas en la superficie de la losa (bidireccional) hacia los bordes de apoyo, es muy común hacer la asignación empleando el criterio del ingeniero, así como también la experiencia que puede haber tenido en análisis de proyectos anteriores.

Esta distribución de cargas esta usualmente basado en lo que se podría denominar “Método de distribución de carga por área tributaria que le corresponde a cada elemento”; y esta se obtiene a partir de la partición de la losa rectangular siguiendo un ángulo de 45^a desde las esquinas (como se muestra en la fig. 1.2.), y una línea intermedia paralela al lado mayor.

En base a esto, dentro de estos criterios de manera general (para cargas que no sean peso propio o uniformemente distribuida) podemos mencionar lo siguiente :

- Aplicara el mayor porcentaje de la carga que se quiere asignar al(los) borde(s) más cercano(s), y muchas veces ignorando la influencia de estas cargas en los bordes más lejanos.
- Si las cargas en un paño de losa son varias y se encuentra aproximadamente en el centro, se considera una carga uniforme equivalente a la suma de todas de las cargas sobre la losa dividido entre el área de la losa, en cuyo caso la asignación de cargas hacia los apoyos se realizara tratándolo como una carga uniformemente distribuida. Muchas veces por razón de seguridad (por no decir inseguridad en la asignación) se amplifica esta carga uniforme en un 5 a 10%.
- Si las cargas en un paño de losa son varias y no se encuentran regularmente distribuidos, también se considera una carga uniforme equivalente a la suma de todas de las cargas sobre la losa dividido entre el área de la losa; pero la asignación de cargas en cada apoyo es particular y es estimado como un porcentaje de la carga total sobre la losa que depende de la cercanía de las cargas hacia los apoyos; en este caso por razón de seguridad (por no decir inseguridad en la asignación) se amplifica esta carga en un 10 a 20%.
- En una losa cuadrada, si la carga es lineal y va desde el punto medio de un extremo del borde al punto medio del borde opuesto, considera cargas puntuales iguales equivalentes a la mitad del peso total de esta carga lineal en cada uno de estos apoyos; pero en caso de una losa rectangular (con carga lineal paralela al lado mayor) se considera cargas uniformemente distribuidas iguales equivalentes a la mitad del peso total de esta carga lineal, en cada uno de los apoyos paralelos a la

- carga lineal, y en los otros apoyos (de inicio y de llegada de la carga lineal) cargas puntuales con un valor de longitud de influencia de carga lineal del 10 al 15%, teniendo un valor mínimo aproximado de 0.50 m.
- Aplicando netamente el método de área tributaria, Algunos ingenieros consideran que todas aquellas cargas que se encuentren dentro del área tributaria correspondiente a cada apoyo, se le asignara a dicho apoyo, considerando una influencia poco significativa o nula sobre los apoyos más lejanos.

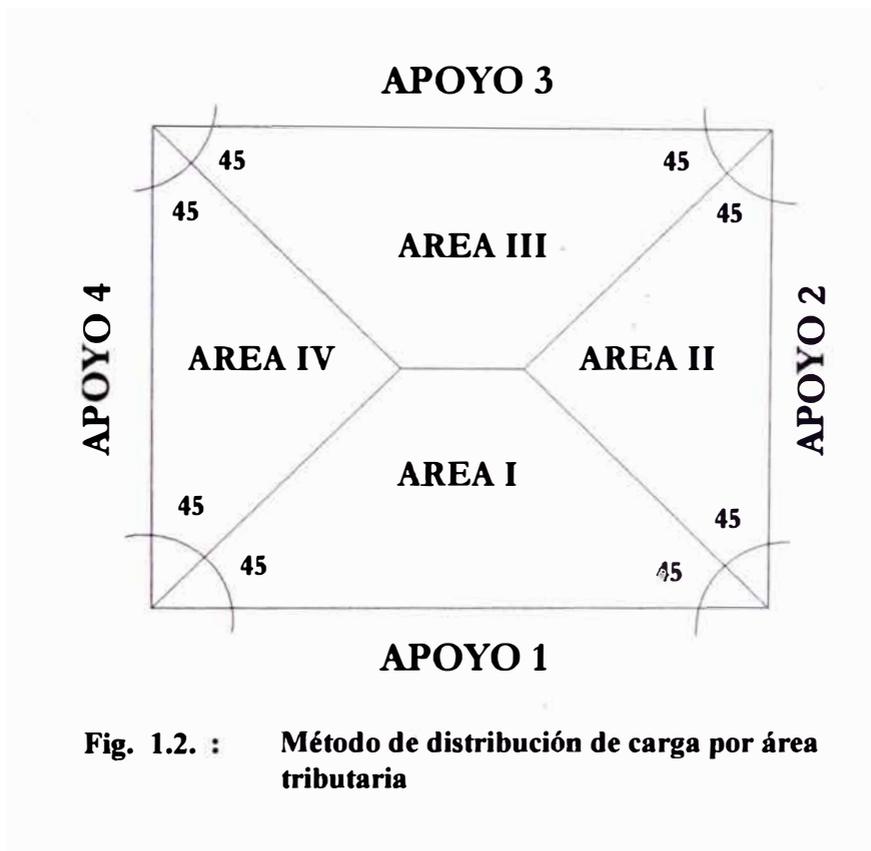


Fig. 1.2. : Método de distribución de carga por área tributaria

Para la determinación de carga uniformemente distribuidas sobre el paño de losa¹ (Ej. Peso propio), las cargas sobre la viga de apoyo, pueden ser asumidos como las cargas determinadas por áreas tributarias del panel limitado por la intersección de líneas a 45° trazadas a partir de las esquinas, y una línea media del paño paralela al lado más largo.

Cargas uniformemente distribuidas sobre los apoyos, según las siguientes expresiones

¹ Obtenido del libro : “Losas armadas en dos sentidos” cuyo autor es Hann

Borde 1 y 3 :

$$w = \frac{q s}{3} \left[\frac{3 - m^2}{2} \right]$$

Borde 2 y 4 :

$$w = \frac{q s}{3}$$

Donde : $m = b/a$ (lado menor/lado mayor)

s : lado menor

q : Carga superficial uniformemente distribuida

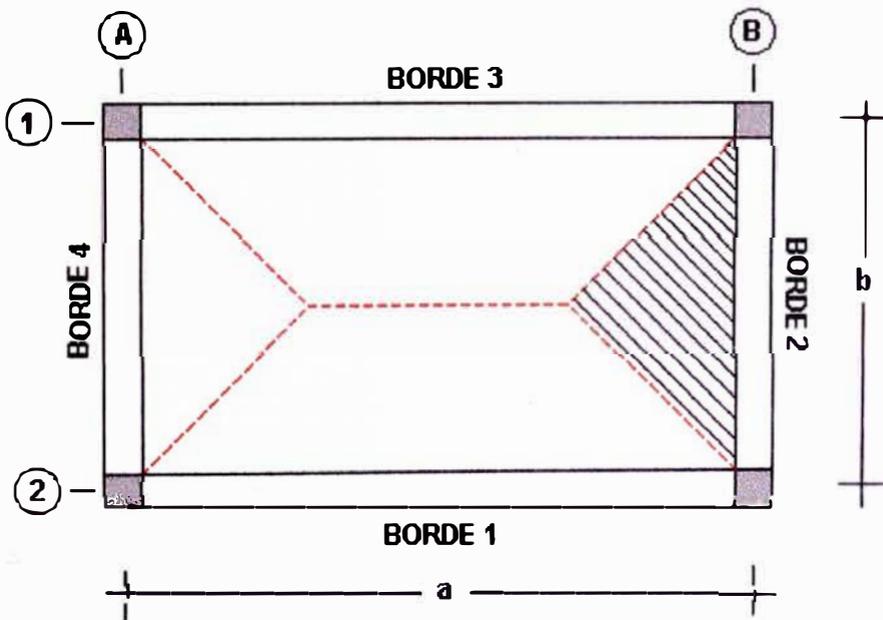


Fig. 1.3. : Distribución de cargas sobre los apoyos por área tributaria.

En los procedimientos de asignación de cargas mencionados anteriormente, no interesa las diferentes condiciones de borde que puede tener el paño de losa analizado.

1.3 Otros sistemas de distribución de carga empleados en el procedimiento de análisis de edificaciones de concreto armado

Distribución de cargas horizontales

Una de las cargas horizontales de mayor importancia (al estar ubicado el Perú en el denominado “cinturón del fuego”) es la carga de sismo. Esta carga en el análisis estructural es distribuida entre los elementos de la edificación tanto verticalmente (numero de pisos) como horizontalmente (pórticos y/o muros).

Otro cargas horizontales, esta originado principalmente por :

- cargas debidas al viento
- presiones de tierra

El Reglamento Nacional de Construcciones (Capítulo V; Normas técnicas de edificación E-0.20; Norma de cargas; pág. 268) menciona sobre distribución de cargas horizontales lo siguiente

“Distribución de cargas horizontales en pórticos y muros de corte.- Se supondrá que las cargas horizontales son distribuidas a los pórticos y muros de corte por los sistemas de pisos y techos que actúan como diafragmas horizontales. La proporción de la carga horizontal total que resistirá cualquier pórtico y/o muro de corte se determinara sobre la base de su rigidez relativa, considerando la excentricidad de la carga aplicada con respecto al centro de rigidez de los pórticos y/o muros de corte. Cuando la existencia de aberturas o la excesiva relación largo/ancho en la losa de piso o techo no permitan su comportamiento como diafragma rígido, la rigidez de cada columna estructural tomara en cuenta las deflexiones adicionales de piso mediante algún método reconocido de análisis”.

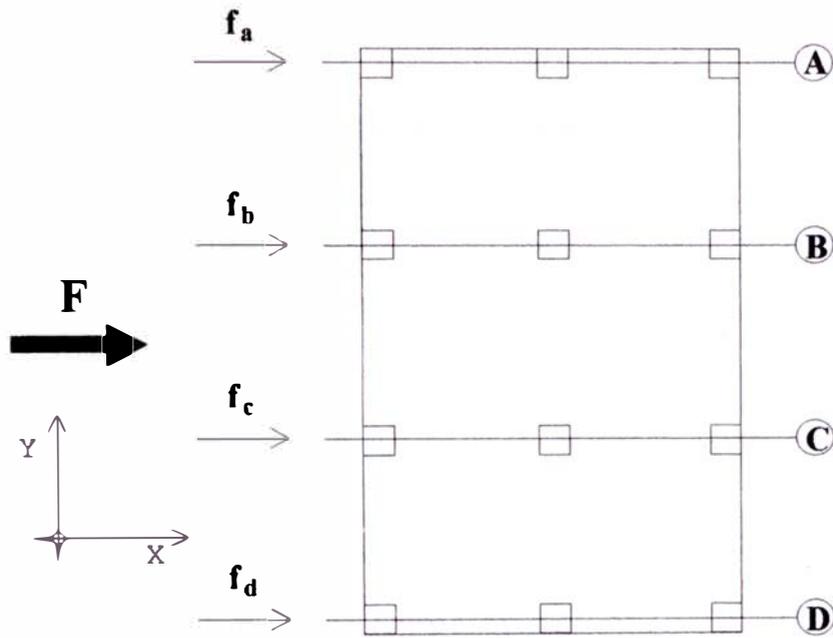


Fig. 1.4. : Planta típica de una edificación aporricada. Distribución de carga horizontal (F) en pórticos A, B, C y D; en la dirección X.

CAPITULO 2

**Estudio de la distribución de reacciones sobre
apoyos de losas bidireccionales bajo cargas
distribuidas típicas.**

CAPITULO

2

ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS

2.1. Generalidades

Se realiza un estudio de cargas distribuidas en la superficie de una losa rectangular, con el fin de analizar las reacciones que producen estas cargas en los bordes (apoyos).

Se seleccionaron distribuciones de carga típicas representativas que se presentan usualmente en proyectos de edificaciones con losas bidireccionales.

El análisis para estructuras de losa delgada, puede abarcarse analíticamente solo con métodos aproximados (que emplean funciones de series dentro de las soluciones), los cuales prácticamente puede resolver cualquier distribución de carga sobre la losa, así como para cualquier condición de borde, esto por supuesto con la ayuda para el cálculo de una computadora; ya que en las series se emplean generalmente funciones compuestas, así mismo el desarrollo de las series puede contemplar hasta un centenar o

mas de términos para tener una buena aproximación, y también en algunos casos el método necesita resolver sistemas de ecuaciones lineales.¹

Otro método muy generalizado hoy en día, que puede emplearse para el análisis de losas, es el método de elementos finitos, el cual está basado en su formulación, que la solución de un sistema, se da en el punto de mínima energía de esta. El método es una aproximación en el que el grado de precisión de los resultados, dependen del grado de refinación del modelo, de la forma y tipo de modelo (de desplazamiento, mixto, híbrido) de elemento finito empleado. Puede solucionar cualquier distribución de carga y condición de borde.

2.2. Análisis teórico de losas bidireccionales

2.2.1. Teoría de flexión (losas delgadas con desplazamientos pequeños).

Las propiedades de la flexión de una losa dependen grandemente de su espesor en comparación con las restantes dimensiones.

Una losa bidireccional típica de una edificación, se analiza como una losa delgada con pequeñas flechas; si las flechas w son pequeñas en comparación con su canto o espesor h , puede desarrollarse una teoría suficientemente aproximada para la flexión bajo cargas transversales al plano de la estructura.

Teoría de Kirchoff :

Conocida como la teoría clásica de losas delgadas con desplazamientos pequeños, es una teoría simplificada que no considera las deformaciones cortantes.

¹ “Análisis de losas continuas”; Chavez Mauricio; TP/3746 - 1998

Suposiciones para el calculo :

1. Los esfuerzos normales perpendiculares al plano neutro son despreciables; (Estado plano de esfuerzos; $\sigma_z = 0$ y $\epsilon_z \neq 0$). El efecto de la introducción de la carga, (perturbaciones) no se toma en cuenta.
2. Los puntos situados inicialmente en una normal al plano neutro de la losa, permanecen después de la flexión en una normal al plano neutro de la losa.
3. No hay deformación en el plano medio de la losa. Este plano permanece neutro durante la flexión
4. Deformaciones y desplazamientos pequeños (para que cumpla la teoría lineal o teoría de primer orden)
5. Material homogéneo e isótropo.

[La segunda hipótesis equivale a despreciar el efecto de los esfuerzos cortantes en la deformación de las placas].

Esfuerzos y fuerzas de sección

1. Esfuerzos en el plano neutro son iguales a cero (excepto τ_{xz}, τ_{yz})
2. Distribución lineal de los esfuerzos en el espesor de la losa (excepto τ_{xz}, τ_{yz})

$$\eta_x, \eta_y, \eta_{xy} \equiv 0$$

Momentos flectores :

$$M_x = \int_{-t/2}^{t/2} \sigma_x \cdot z \cdot \partial \cdot z \qquad M_y = \int_{-t/2}^{t/2} \sigma_y \cdot z \cdot \partial \cdot z \qquad (2.1)$$

Momentos torsores :

$$M_{xy} = \int_{-t/2}^{t/2} \tau_{xy} \cdot z \cdot \partial \cdot z \qquad M_{yx} = \int_{-t/2}^{t/2} \tau_{yx} \cdot z \cdot \partial \cdot z \qquad (2.2)$$

Esfuerzos cortantes

$$Q_x = \int_{-t/2}^{t/2} \tau_{xz} \cdot \partial \cdot z \quad Q_y = \int_{-t/2}^{t/2} \tau_{yz} \cdot \partial \cdot z \quad (2.3)$$

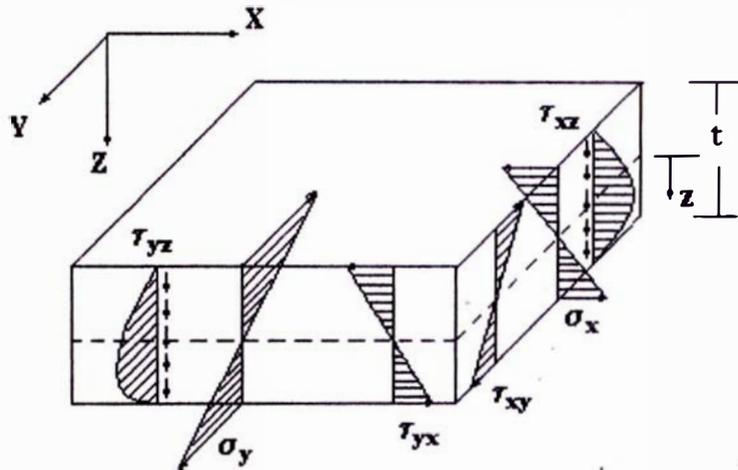
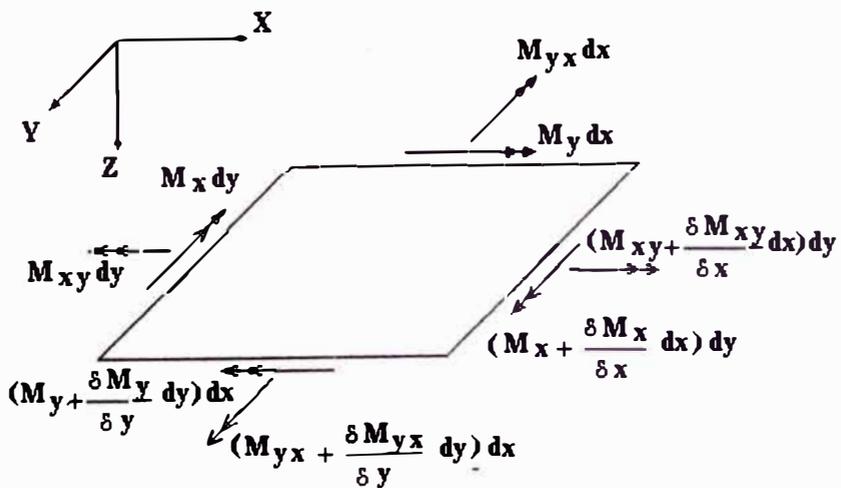


Fig. 2.1. : Esfuerzos sobre un elemento diferencial de losa



a)

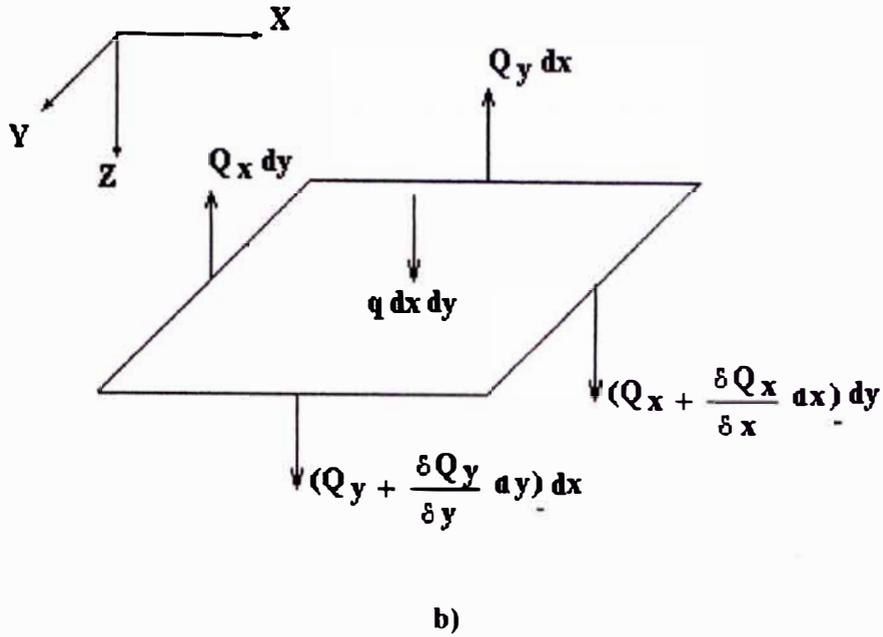


Fig. 2.2 : Fuerzas de sección en la superficie media de un elemento diferencial, representando las direcciones positivas.

Condiciones de equilibrio :

$\Sigma F_z = 0 :$

$$\frac{\delta \cdot Q_x}{\delta \cdot x} + \frac{\delta \cdot Q_y}{\delta \cdot y} + q = 0 \tag{2.4}$$

$\Sigma M_x = 0 :$

[El momento de la carga q y el momento debido a la variación de Q_y , se desprecian en esta ecuación por ser diferenciales de orden superior a la sumandos conservados].

$$\frac{\delta \cdot M_{xy}}{\delta \cdot x} - \frac{\delta \cdot M_y}{\delta \cdot y} + Q_y = 0 \tag{2.5}$$

$$\Sigma M_Y = 0 :$$

[El momento de la carga q y el momento debido a la variación de Q_x , se desprecian en esta ecuación por ser diferenciales de orden superior a la sumandos conservados].

$$\frac{\delta \cdot M_{yx}}{\delta \cdot y} + \frac{\delta \cdot M_x}{\delta \cdot x} - Q_x = 0 \quad (2.6)$$

Despejando Q_y y Q_x de las ec. (2-5) y (2-6) respectivamente, y reemplazando en la ec. (2-4); y además observando que $M_{xy} = M_{yx}$ por ser $\tau_{xy} = \tau_{yx}$; obtenemos :

$$\frac{\delta^2 \cdot M_x}{\delta \cdot x^2} - 2 \frac{\delta^2 M_{xy}}{\delta \cdot x \cdot \delta \cdot y} + \frac{\delta^2 \cdot M_y}{\delta \cdot y^2} = -q \quad (2.7)$$

De la teoría de flexión pura :

Relaciones entre deformaciones y desplazamientos : (w desplazamiento en la dirección z)

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= -\frac{\delta^2 w}{\delta \cdot x^2} \cdot z \\ \epsilon_y &= -\frac{\delta^2 w}{\delta \cdot y^2} \cdot z \\ \gamma_{xy} &= -2 \frac{\delta^2 w}{\delta \cdot x \cdot \delta \cdot y} \cdot z \end{aligned} \quad (2.8 \text{ a-c})$$

Ley del material (Hooke), ley de elasticidad

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_x + \nu \cdot \epsilon_y) \\ \sigma_y &= \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_y + \nu \cdot \epsilon_x) \\ \tau_{xy} &= \frac{E}{2(1 + \nu)} \gamma_{xy} = G \gamma_{xy} \end{aligned} \quad (2.9 \text{ a-c})$$

Relaciones entre fuerzas de sección y desplazamientos (relaciones constitutivas)
(reemplazando 2.8 a-c en 2.9 a-c)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= -\frac{E.z}{1-\nu^2} \left(\frac{\delta^2 w}{\delta.x^2} + \nu \frac{\delta^2 w}{\delta.y^2} \right) \\ \sigma_y &= -\frac{E.z}{1-\nu^2} \left(\frac{\delta^2 w}{\delta.y^2} + \nu \frac{\delta^2 w}{\delta.x^2} \right) \\ \tau_{xy} &= -\frac{E.z}{1+\nu} \left(\frac{\delta^2 w}{\delta.x.\delta.y} \right) \end{aligned} \quad (2.10 \text{ a-c})$$

reemplazando 2.10 a-c en 2.1, 2.2, 2.3, e integrando los esfuerzos; se tiene las fuerzas de sección en función de los desplazamientos y sus derivadas :

$$\begin{aligned} M_x &= -D. \left(\frac{\delta^2 w}{\delta.x^2} + \nu \frac{\delta^2 w}{\delta.y^2} \right) \\ M_y &= -D. \left(\frac{\delta^2 w}{\delta.y^2} + \nu \frac{\delta^2 w}{\delta.x^2} \right) \\ M_{xy} &= -M_{yx} = D.(1-\nu). \frac{\delta^2 w}{\delta.x.\delta.y} \end{aligned} \quad (2.11 \text{ a-c})$$

Donde : $D = \frac{E.t^3}{12.(1-\nu^2)}$: Rigidez a la flexión de la losa

Sustituyendo 2.11 a-c en la ecuación 2.7, obtenemos : LA ECUACION DIFERENCIAL DE LA LOSA (Ecuación que fue obtenida por Lagrange en 1811):

$$\frac{\delta^4 w}{\delta.x^4} + 2 \frac{\delta^4 w}{\delta.x^2.\delta.y^2} + \frac{\delta^4 w}{\delta.y^4} = \frac{q}{D} \quad (2.12)$$

[Ecuación diferencial en derivadas parciales de 4° orden y grado 1° (lineal) , respecto a w]

Puede escribirse en forma simbólica

$$\Delta^2 \Delta^2 w = \frac{q}{D}$$

Donde : (Operador de Laplace aplicado a la deformada)

$$\Delta^2 w = \frac{\delta^2 w}{\delta \cdot x^2} + \frac{\delta^2 w}{\delta \cdot y^2}$$

“El problema de estructuras bajo cargas transversales (losas), se reduce a la integración de la ecuación 2.12, la cual debe satisfacer las condiciones de borde de la losa. Los momentos flectores y momentos torsionantes, esfuerzos cortantes, y reacciones verticales en los apoyos, se pueden calcular por la ecuaciones 2.11 (a-c), 2.13 (a-b), y 2.14 (a-b) respectivamente”

Para determinar los esfuerzos cortantes Q_x y Q_y , se despejan de las ec. 2.6 y 2.5 respectivamente; así obtenemos :

$$Q_x = \frac{\delta \cdot M_{yx}}{\delta \cdot y} + \frac{\delta \cdot M_x}{\delta \cdot x} = -D \cdot \frac{\delta}{\delta \cdot x} \left(\frac{\delta^2 w}{\delta \cdot x^2} + \frac{\delta^2 w}{\delta \cdot y^2} \right)$$

(2.13 a-b)

$$Q_y = \frac{\delta \cdot M_y}{\delta \cdot y} - \frac{\delta \cdot M_{xy}}{\delta \cdot x} = -D \cdot \frac{\delta}{\delta \cdot y} \left(\frac{\delta^2 w}{\delta \cdot x^2} + \frac{\delta^2 w}{\delta \cdot y^2} \right)$$

2.2.2. Condiciones de borde

Para una losa rectangular, en donde los ejes x e y se toman paralelos a los lados.

Borde empotrado

Si el borde de la losa esta empotrado, la flecha a lo largo del borde es nula, y el plano tangente a la superficie media de la losa deformada a lo largo del borde, coincide con la posición inicial del plano medio de la losa.

En la hipótesis de borde empotrado las condiciones del borde $x = a$ son :

$$(w)_{x=a} = 0 \qquad \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)_{x=a} = 0$$

Borde simplemente apoyado (apoyo de Navier)

Si el borde $x=a$ de la losa esta simplemente apoyado, la flecha w a lo largo del borde debe ser nula. Al mismo tiempo este borde puede girar libremente sobre la línea de borde; por lo tanto no hay momentos flectores M_x a lo largo de este borde. La expresión analítica de las condiciones en este caso es :

$$(w)_{x=a} = 0 \qquad \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)_{x=a} = 0$$

Teniendo en cuenta que $\partial^2 w / \partial y^2$ se anula junto con w a lo largo del borde $x=a$, se tiene que la segunda condición puede ponerse de la forma $\partial^2 w / \partial x^2 = 0$, o también $\Delta w = 0$, por lo tanto las ecuaciones anteriores son equivalentes a

$$(w)_{x=a} = 0 \qquad (\nabla^2 w)_{x=a} = 0$$

que no incluyen el coeficiente de Poisson

Borde elásticamente apoyado y elásticamente empotrado

Si el borde $x=a$ de una losa esta rígidamente unido a una viga soporte, la flecha en los puntos de este borde no es nula, sino igual a la flecha de la viga. Igualmente el giro del borde es igual a la torsión de la viga. Sean B y C la rigidez de la viga a flexión y a torsión respectivamente. La ecuación diferencial de la deformada de la viga será

$$B \left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = D \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + (2 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]_{x=a}$$

Esta ecuación da una de las condiciones de borde la losa para $x=a$.

Para obtener la segunda condición, hay que considerar la torsión de la viga. El ángulo girado por una sección transversal de la viga es $-(\partial w / \partial x)_{x=a}$ y la variación unitaria de este ángulo en el sentido del borde

$$-\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)_{x=a}$$

Por lo tanto el momento torsor de la viga es $-C(\partial^2 w / \partial x \partial y)_{x=a}$. Este momento varia a lo largo del borde ya que la losa rígidamente unida a la viga, transmite a esta losa los momentos torsores repartidas de un modo continuo. El valor de estos momentos aplicados por unidad de longitud, es igual y de signo contrario al de los momentos flectores M_x de la losa. De ahí, considerando el equilibrio de un elemento de la viga, respecto al giro en su plano, tenemos

$$-C \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)_{x=a} = -(M_x)_{x=a}$$

O bien sustituyendo M_x por su expresión

$$-C \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)_{x=a} = D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)_{x=a}$$

Esta es la segunda condición de borde de la losa para $x=a$

Fuerzas cortantes sustitutivas :

[No solamente valido para bordes libres de losa]

De la ecuación diferencial de 4º grado para la losa :

$$\nabla^2 \nabla^2 w = \frac{q}{D}$$

Para cada borde se tiene :

- 2 condiciones de borde

b. empotrado : $(w)_{x=a} = 0$ $\left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)_{x=a} = 0$

b. simplemente apoyado : $(w)_{x=a} = 0$ $(\nabla^2 w)_{x=a} = 0$

- 3 fuerzas de sección, M_x, M_{xy}, Q_x o M_y, M_{yx}, Q_y

La cantidad de condiciones de borde no es suficiente, para poder determinar las 3 fuerzas de sección en los bordes. Es por ello que se hace uso de la teoría simplificada de Kirchoff, que estableció que tres condiciones son excesivas, y bastan dos para la completa determinación de las flechas w que satisfacen la ecuación diferencial de la losa (2.12).

La teoría de Kirchoff se basa en el teorema de Tait y Kelvin que establece que :

“Las fuerzas cortantes y el momento torsionante de un borde deben reemplazarse por fuerzas cortantes sustitutivas equivalentes”.

Tait y Kelvin, señalan que la flexión de la losa no varia si las fuerzas horizontales que dan el momento torsor $M_{xy}dy$ que actúa sobre un elemento de longitud dy del borde $x=a$, se sustituyen por dos fuerzas verticales de valor M_{xy} y brazo dy .

Tal sustitución no cambia el valor de los momentos torsores y produce únicamente cambios en la distribución local de tensiones en el borde de la losa, dejando invariable la situación tensional del resto de la losa. Es decir; para satisfacer la condición de equilibrio, a los momentos de torsión distribuidos en los bordes, se reemplazara por pares de fuerzas equivalentes en los bordes.

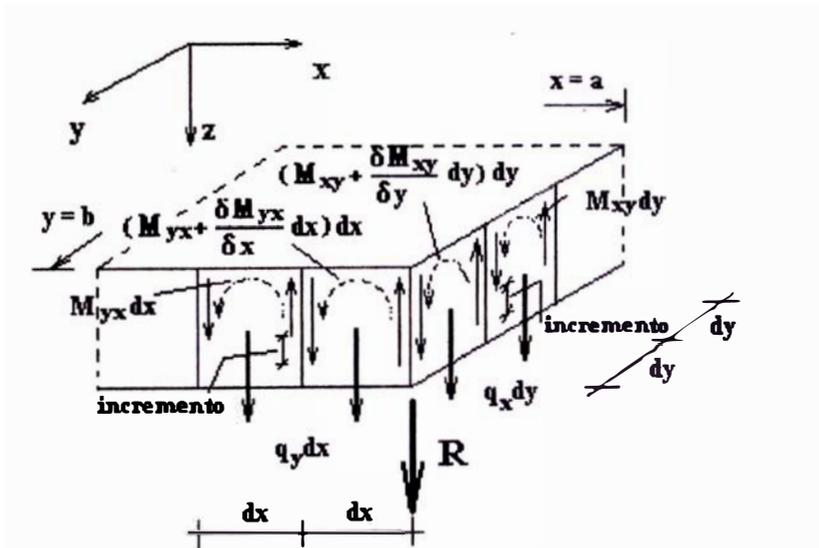


Fig. 2.3. : Conversión en los bordes de los momentos torsores en pares de fuerzas equivalentes

Incremento para las fuerzas cortantes

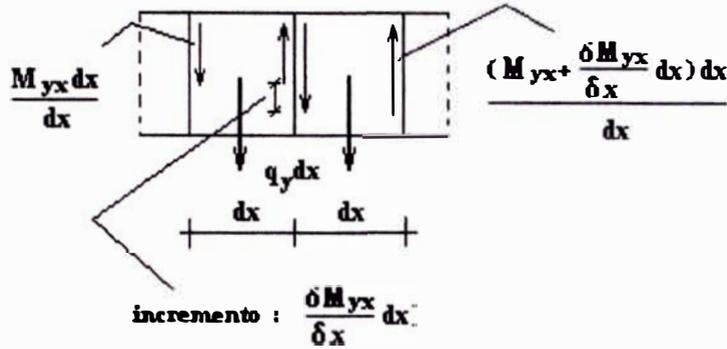


Fig. 2.4. : Incremento de las fuerzas cortantes por los momentos torsionales

Por lo tanto; en el borde $y=b$, las fuerzas cortantes sustitutivas serán :

$$q_y^* dx = q_y dx + \frac{\delta M_{yx}}{\delta x} dx$$

o :

$$q_y^* = q_y + \frac{\delta M_{yx}}{\delta x} = q_y - \frac{\delta M_{xy}}{\delta x}$$

De manera similar, para el borde $x=a$, el cortante x :

$$q_x^* = q_x + \frac{\delta M_{xy}}{\delta x}$$

Estas dos ultimas relaciones son iguales a las ec. (2.5) y (2.6), para las condiciones de equilibrio de un elemento diferencial en la superficie media. Estas relaciones representan el equilibrio solamente para las fuerzas de sección ($M_x, M_y, M_{xy}, Q_x, Q_y$), y no para los esfuerzos ($\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}, \tau_{yx}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$).

Fuerzas aisladas en las esquinas de la losa :

Transformando los momentos torsores, obtenemos no solo los esfuerzos cortantes distribuidos a lo largo de los bordes, sino también dos fuerzas concentradas en las esquinas (Ver figura 2.3). Los valores de estas fuerzas son iguales a los del momento torsor M_{xy} en las correspondientes esquinas de la losa.

En la esquina de la losa :

$$R = \frac{M_{xy}}{dy} dy - \frac{M_{yx}}{dx} dx$$

$$R = M_{xy} - M_{yx} = 2(M_{xy})_{x=a,y=b} = -2(M_{yx})_{x=a,y=b}$$

Puede verse que cuando una losa cuadrada esta uniformemente cargado, las esquinas en general tienen tendencia a levantarse y ello esta contrarrestado por las reacciones concentradas (hacia abajo) en las esquinas, como se indica en la fig. 2.3.

NOTA : Para un análisis que considera las deformaciones cortantes, puede aplicarse la teoría de Reissner; en este caso el teorema de Tait y Kelvin ya no es necesario, y las fuerzas aisladas en las esquinas (R), se vera representado por las verdaderas fuerzas distribuidas Q_x , Q_y (en realidad la parte de las fuerzas cortantes producidas por las deformaciones cortantes que tienen influencia local en un entorno cercano a las esquinas, eran representados por la fuerza aislada R)

2.2.3. Soluciones de casos particulares de losas rectangulares bajo diferentes condiciones de carga y de borde.

CASO S1-a : Losa rectangular bajo carga uniforme q , y 4 bordes simplemente apoyados

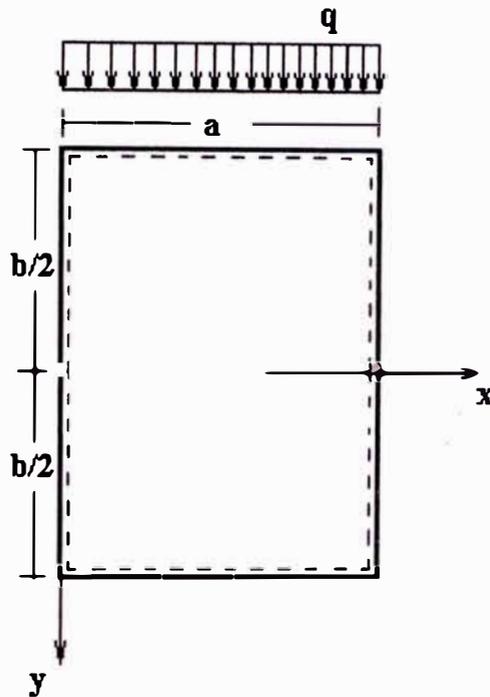


Fig. 2.5. : Losa rectangular simplemente apoyada en los 4 bordes

La deformada que cumple, las condiciones de borde y carga impuesta, es : (de acuerdo al Libro Teoría de placas y láminas de S. Timoshenko y S. Woinowsky-Krieger, Pag. 136).

$$w = \frac{q}{24D}(4x^3 - 2a + a^3x) + \frac{qa^4}{D} \sum_{m=1}^{\infty} (A_m ch \frac{m\pi \cdot y}{a} + B_m sh \frac{m\pi \cdot y}{a}) \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Donde :

$$\alpha_m = \frac{m\pi \cdot b}{2a}$$

$$A_m = -\frac{2(\alpha_m \cdot th \alpha_m + 2)}{\pi^5 \cdot m^5 \cdot ch \alpha_m}$$

NOTA : Para que esta función de la deformada cumpla la condición de simetría (tanto en el eje X, como en Y), se debe considerar en los términos de la sumatoria solo los números impares de m

Obteniendo : $\frac{\delta \cdot w}{\delta \cdot x}$, $\frac{\delta^2 \cdot w}{\delta \cdot x^2}$, $\frac{\delta \cdot w}{\delta \cdot y}$, $\frac{\delta^2 \cdot w}{\delta \cdot y^2}$, y reemplazando en las ecuaciones

2.11 (a-c), 2.13 (a-b) y

Momento flector x :

$$M_x = \frac{qx}{2}(a-x) + (1-\nu) \cdot q \cdot a^2 \pi^2 \sum_{m=1}^{\infty} m^2 \left[\left(A_m - \frac{2\nu}{1-\nu} B_m \right) ch \frac{m\pi \cdot y}{a} + \frac{m\pi \cdot y}{a} B_m sh \frac{m\pi \cdot y}{a} \right] \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Momento flector y :

$$M_x = \nu \frac{qx}{2}(a-x) - (1-\nu) \cdot q \cdot a^2 \pi^2 \sum_{m=1}^{\infty} m^2 \left[\left(A_m + \frac{2}{1-\nu} B_m \right) ch \frac{m\pi \cdot y}{a} + \frac{m\pi \cdot y}{a} B_m sh \frac{m\pi \cdot y}{a} \right] \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Momento torsor xy :

$$M_{xy} = (1-\nu) \cdot q \cdot a^2 \pi^2 \sum_{m=1}^{\infty} m^2 \left[\left(A_m + B_m \right) sh \frac{m\pi \cdot y}{a} + \frac{m\pi \cdot y}{a} B_m ch \frac{m\pi \cdot y}{a} \right] \cos \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Esfuerzo cortante x :

$$Q_x = \frac{q}{2}(a-2x) - 2 \cdot q \cdot a \pi^3 \sum_{m=1}^{\infty} m^3 \cdot B_m \cdot ch \frac{m\pi \cdot y}{a} \cdot \cos \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Esfuerzo cortante y :

$$Q_y = -2 \cdot q \cdot a \pi^3 \sum_{m=1}^{\infty} m^3 \cdot B_m \cdot sh \frac{m\pi \cdot y}{a} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

La reacción vertical a lo largo del lado mayor (b), es :

$$\text{haciendo : } \varphi_{my} = \frac{m\pi \cdot y}{a}$$

en el borde $x=0$:

$$V_x = \frac{q \cdot a}{2} - \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2 \operatorname{ch}^2 \alpha_m} [(1-\nu) \cdot \varphi_{my} \operatorname{ch} \alpha_m \operatorname{sh} \varphi_{my} - \{(1-\nu) \cdot \alpha_m \operatorname{sh} \alpha_m - 2 \cdot \operatorname{ch} \alpha_m\} \operatorname{ch} \varphi_{my}]$$

en el borde $x=a$:

$$V_x = -\frac{q \cdot a}{2} - \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2 \operatorname{ch}^2 \alpha_m} [(1-\nu) \cdot \varphi_{my} \operatorname{ch} \alpha_m \operatorname{sh} \varphi_{my} - \{(1-\nu) \cdot \alpha_m \operatorname{sh} \alpha_m - 2 \cdot \operatorname{ch} \alpha_m\} \operatorname{ch} \varphi_{my}] \cos m\pi$$

El valor numérico máximo de esta reacción se sitúa en el punto medio del lado mayor (b), $y=0$:

$$(V_x)_{x=0, y=0} = q \cdot a \cdot \left[\frac{1}{2} - \frac{2}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2 \operatorname{ch}^2 \alpha_m} \{2 \cdot \operatorname{ch} \alpha_m - (1-\nu) \cdot \alpha_m \operatorname{sh} \alpha_m\} \right]$$

$$(V_x)_{x=0, y=0} = (V_x)_{\max} = \delta \cdot q \cdot a$$

La reacción vertical a lo largo del lado menor (a), es :

en el borde $y = -\frac{b}{2}$:

$$V_y = \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2 \operatorname{ch}^2 \alpha_m} [(3-\nu) \cdot \operatorname{ch} \alpha_m \operatorname{sh} \alpha_m - (1-\nu) \cdot \alpha_m] \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

en el borde $y = \frac{b}{2}$:

$$V_y = \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2 \operatorname{ch}^2 \alpha_m} [(\nu-3) \cdot \operatorname{ch} \alpha_m \operatorname{sh} \alpha_m + (1-\nu) \cdot \alpha_m] \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

El valor numérico máximo de esta reacción se sitúa en el punto medio del lado

menor (a), $x = \frac{a}{2}$:

$$(V_y)_{y = -\frac{b}{2}, x = \frac{a}{2}} = \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2 \operatorname{ch}^2 \alpha_m} [(3 - \nu) \operatorname{ch} \alpha_m \operatorname{sh} \alpha_m - (1 - \nu) \alpha_m] \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi}{2}$$

$$(V_y)_{y = -\frac{b}{2}, x = \frac{a}{2}} = (V_y)_{\max} = \delta_1 \cdot q \cdot a$$

La reacción vertical en las esquina $x=0, y = -\frac{b}{2}$: (tiene el mismo valor en todas las esquinas)

$$R = 2(M_{xy})_{x=0, y = -\frac{b}{2}} = 4 \cdot (1 - \nu) \cdot \frac{q \cdot a^2}{\pi^3} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^3 \operatorname{ch} \alpha_m} [(\alpha_m \operatorname{th} \alpha_m + 1) \operatorname{sh} \alpha_m - \alpha_m \operatorname{ch} \alpha_m]$$

$$R = 2 \cdot (1 - \nu) \cdot \frac{q \cdot a \cdot b}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\alpha_m}{m^2 \operatorname{ch} \alpha_m} [(\alpha_m \operatorname{th} \alpha_m + 1) \operatorname{sh} \alpha_m - \alpha_m \operatorname{ch} \alpha_m] = \beta \cdot q \cdot a \cdot b$$

Tabla 2.1. : Variación de $(V_x)_{max}$, $(V_y)_{max}$, y R en función de la relación (b/a) : Losa rectangular simplemente apoyada y uniformemente cargada : $\nu=0.2$

b/a	$(V_x)_{max}$ $=\delta \cdot q \cdot a$ δ	$(V_y)_{max}$ $=\delta_1 \cdot q \cdot a$ δ_1	R $=\beta \cdot q \cdot a \cdot b$ β
1.0	0.432	0.432	0.0742
1.1	0.452	0.452	0.0737
1.2	0.467	0.467	0.0723
1.3	0.479	0.479	0.0703
1.4	0.488	0.489	0.0680
1.5	0.494	0.496	0.0654
1.6	0.500	0.502	0.0628
1.7	0.503	0.506	0.0602
1.8	0.506	0.509	0.0576
1.9	0.508	0.512	0.0552
2.0	0.509	0.514	0.0529
2.1	0.509	0.515	0.0507
2.2	0.510	0.516	0.0486
2.3	0.510	0.517	0.0467
2.4	0.509	0.518	0.0448
2.5	0.509	0.518	0.0431
2.6	0.509	0.519	0.0415
2.7	0.508	0.519	0.0401
2.8	0.508	0.519	0.0387
2.9	0.507	0.519	0.0373
3.0	0.506	0.519	0.0361

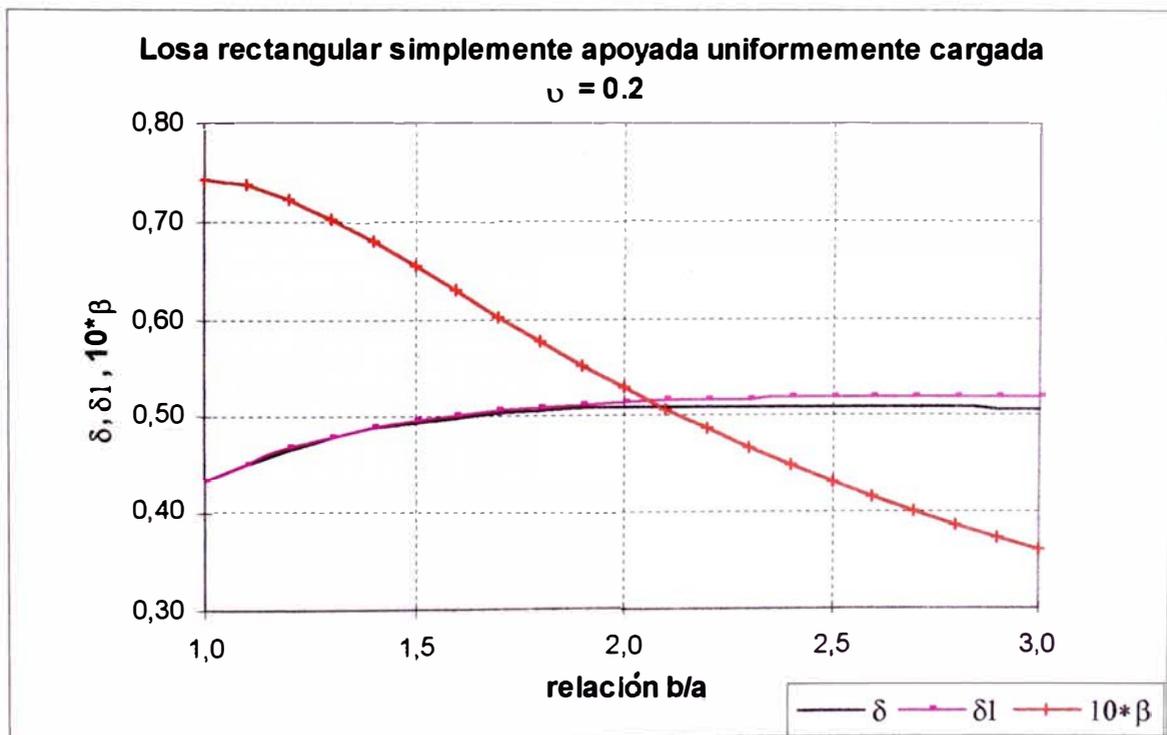


Gráfico 2.1. : Curvas valores de δ , δ_1 , $10 \cdot \beta$, en función de b/a

Tabla 2.2. : Forma de la curva de reacción vertical V_x , en el lado mayor (b), borde $x=0, x=a$: Losa rectangular simplemente apoyada y uniformemente cargada : $\nu=0.2$

Y/b	b/a=1.0	b/a=2.0	b/a=3.0
-0.500	0.007	0.007	0.007
-0.438	0.168	0.262	0.326
-0.375	0.259	0.375	0.435
-0.313	0.321	0.437	0.480
-0.250	0.365	0.472	0.498
-0.188	0.396	0.492	0.505
-0.125	0.417	0.502	0.506
-0.063	0.428	0.507	0.507
0.000	0.432	0.509	0.506
0.063	0.428	0.507	0.507
0.125	0.417	0.502	0.506
0.188	0.396	0.492	0.505
0.250	0.365	0.472	0.498
0.313	0.321	0.437	0.480
0.375	0.259	0.375	0.435
0.438	0.168	0.262	0.326
0.500	0.007	0.007	0.007

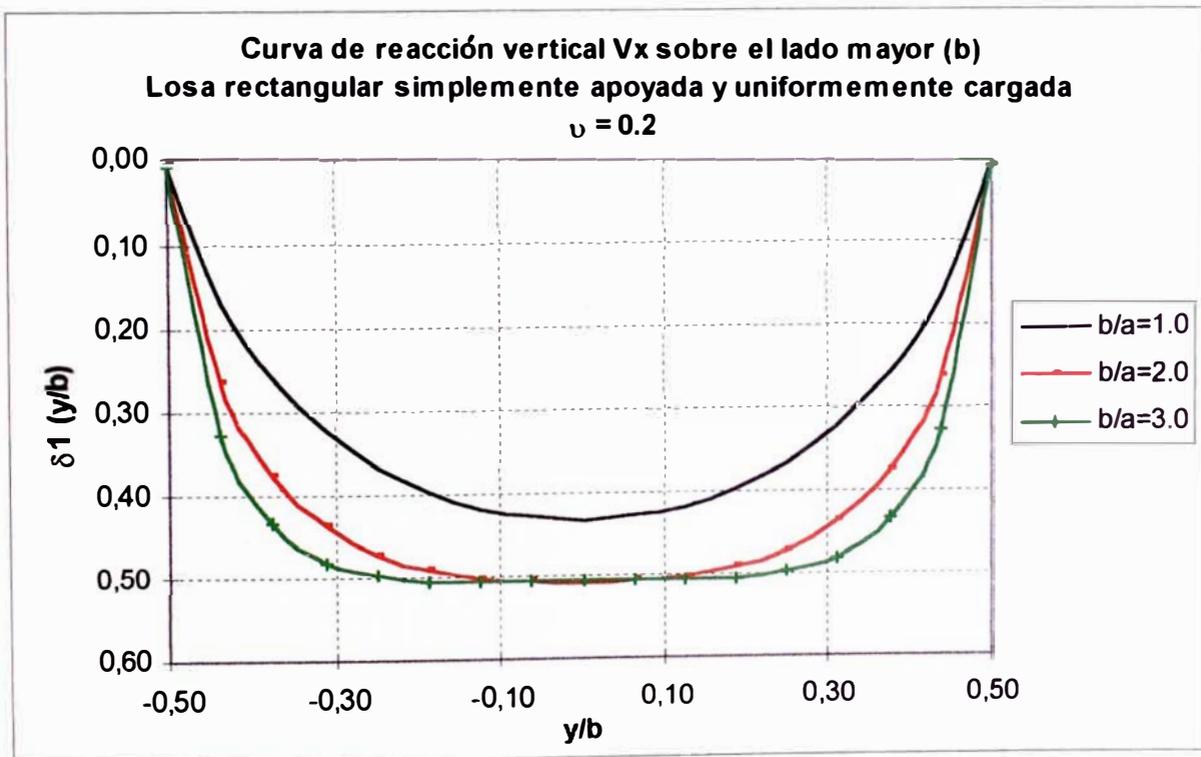


Gráfico 2.2. : Variación de la forma de la curva de reacción Vertical V_x , en el lado mayor (b), borde $x=0, x=a$, en función de b/a

Tabla 2.3. : Forma de la curva de reacción vertical V_y , en el lado menor (a), borde $y=\pm b/2$: Losa rectangular simplemente apoyada y uniformemente cargada : $\nu=0.2$

X/a	$b/a=1.0$	$b/a=2.0$	$b/a=3.0$
0.000	0.000	0.000	0.000
0.063	0.168	0.183	0.185
0.125	0.259	0.290	0.292
0.188	0.321	0.367	0.370
0.250	0.365	0.423	0.427
0.313	0.396	0.464	0.469
0.375	0.417	0.492	0.497
0.438	0.428	0.508	0.514
0.500	0.432	0.514	0.519
0.563	0.428	0.508	0.514
0.625	0.417	0.492	0.497
0.688	0.396	0.464	0.469
0.750	0.365	0.423	0.427
0.813	0.321	0.367	0.370
0.875	0.259	0.290	0.292
0.938	0.168	0.183	0.185
1.000	0.000	0.000	0.000

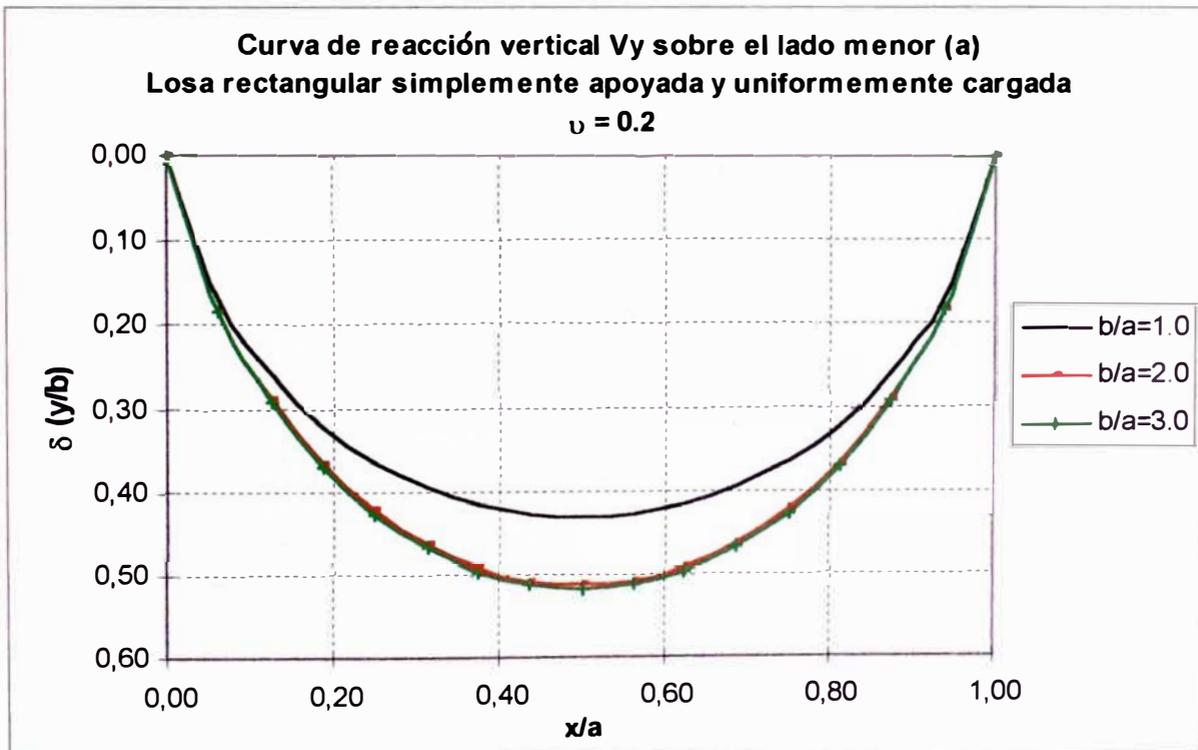


Gráfico 2.3. : Variación de la forma de la curva de reacción Vertical V_y , en el lado menor (a), borde $y=\pm b/2$, en función de b/a

CASO S1-b : Losa rectangular bajo carga uniforme q , 2 bordes opuestos simplemente apoyados, y los otros 2 bordes empotrados.

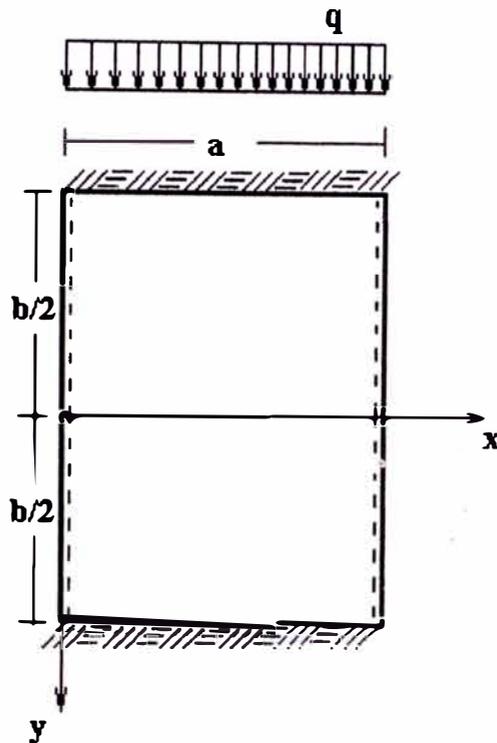


Fig. 2.6. : Losa rectangular con 2 bordes opuestos simplemente apoyada y los otros 2 empotrados

Resolviendo el problema considerando inicialmente los 4 bordes simplemente apoyados y, aplicando después los momentos flectores a lo largo de los bordes $y=\pm b/2$, cuyo valor sea tal que eliminen el giro de estos, producido por la acción de la carga transversal.

Del caso S1-a, la deformada para una losa rectangular simplemente apoyado y uniformemente cargado es (introduciendo el polinomio cubico que es función de x , dentro de la sumatoria) :

$$w = \frac{2 \cdot q \cdot a^4}{\pi^5 D} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^5 \operatorname{ch} \alpha_m} [\{\operatorname{ch} \alpha_m - (\alpha_m \operatorname{th} \alpha_m + 2)\} \operatorname{ch} \frac{m\pi \cdot y}{a} + \frac{m\pi \cdot y}{a} \operatorname{sh} \frac{m\pi \cdot y}{a}] \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

La pendiente de la deformada a lo largo del borde $y=b/2$ es :

$$\left(\frac{\delta \cdot w}{\delta \cdot y}\right)_{y=b/2} = \frac{2 \cdot q \cdot a^3}{\pi^4 D} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^4} [\alpha_m - (1 + \alpha_m \operatorname{th} \alpha_m) \cdot \operatorname{th} \alpha_m] \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Para eliminar esta pendiente y así satisfacer las condiciones en los bordes se reparten, a lo largo de los bordes $y=\pm b/2$ los momentos M_y dados por la serie.

$$(M_y)_{y=\pm b/2} = \sum_{m=1}^{\infty} E_m \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Y la deformada que produce los momentos $(M_y)_{y=\pm b/2}$ es :

$$w_1 = \frac{a^2}{2\pi^2 D} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{E_m}{m^2 \operatorname{ch} \alpha_m} [\alpha_m \operatorname{th} \alpha_m \operatorname{ch} \frac{m\pi \cdot y}{a} - \frac{m\pi \cdot y}{a} \operatorname{sh} \frac{m\pi \cdot y}{a}] \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

La pendiente de esta deformada a lo largo del borde $y=b/2$ es :

$$\left(\frac{\delta \cdot w_1}{\delta \cdot y}\right)_{y=b/2} = \frac{a}{2\pi \cdot D} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{E_m}{m} [\operatorname{th} \alpha_m (\alpha_m \operatorname{th} \alpha_m - 1) - \alpha_m] \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Para que en los bordes $y=\pm b/2$, se cumpla la condición de empotramiento, se debe cumplir :

$$\left(\frac{\delta \cdot w}{\delta \cdot y}\right)_{y=b/2} + \left(\frac{\delta \cdot w_1}{\delta \cdot y}\right)_{y=b/2} = 0$$

De esta ultima condición se deduce :

$$E_m = \frac{4 \cdot q \cdot a^2}{\pi^3 \cdot m^3} \cdot \frac{\alpha_m - th\alpha_m(1 + \alpha_m th\alpha_m)}{\alpha_m - th\alpha_m(\alpha_m th\alpha_m - 1)}$$

Por lo tanto la deformada producido por los momentos $(M_y)_{y=\pm b/2}$ es :

$$w_1 = \frac{2 \cdot q \cdot a^4}{\pi^5 D} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^5 ch\alpha_m} \left[\alpha_m th\alpha_m ch \frac{m\pi \cdot y}{a} - \frac{m\pi \cdot y}{a} sh \frac{m\pi \cdot y}{a} \right] \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Donde :
$$\alpha_m = \frac{m\pi \cdot b}{2a}$$

$$C_m = \frac{\alpha_m - th\alpha_m(1 + \alpha_m th\alpha_m)}{\alpha_m - th\alpha_m(\alpha_m th\alpha_m - 1)}$$

NOTA : Para que esta función de la deformada cumpla la condición de simetría (tanto en el eje X, como en Y), se debe considerar en los términos de la sumatoria solo los números impares de m.

Obteniendo : $\frac{\delta \cdot w_1}{\delta \cdot x}$, $\frac{\delta^2 \cdot w_1}{\delta \cdot x^2}$, $\frac{\delta \cdot w_1}{\delta \cdot y}$, $\frac{\delta^2 \cdot w_1}{\delta \cdot y^2}$, y reemplazando en las ecuaciones

2.11 (a-c), 2.13 (a-b) y

Momento flector x :

$$M_x = (M_x)_{s.a.} + \frac{2 \cdot q \cdot a^2}{\pi^3} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^3 ch\alpha_m} \left[\{2\nu + (1 - \nu) \cdot \alpha_m th\alpha_m\} ch \frac{m\pi \cdot y}{a} - (1 - \nu) \cdot \frac{m\pi \cdot y}{a} sh \frac{m\pi \cdot y}{a} \right] \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Momento flector y :

$$M_y = (M_y)_{s.a.} + \frac{2 \cdot q \cdot a^2}{\pi^3} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^3 \operatorname{ch} \alpha_m} \left[\{2 - (1 - \nu) \cdot \alpha_m \operatorname{th} \alpha_m\} \operatorname{ch} \frac{m\pi \cdot y}{a} + (1 - \nu) \cdot \frac{m\pi \cdot y}{a} \operatorname{sh} \frac{m\pi \cdot y}{a} \right] \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Momento torsor xy :

$$M_{xy} = (M_{xy})_{s.a.} + (1 - \nu) \cdot \frac{2 \cdot q \cdot a^2}{\pi^3} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^3 \operatorname{ch} \alpha_m} \left[(\alpha_m \operatorname{th} \alpha_m - 1) \cdot \operatorname{sh} \frac{m\pi \cdot y}{a} - \frac{m\pi \cdot y}{a} \operatorname{ch} \frac{m\pi \cdot y}{a} \right] \cos \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Esfuerzo cortante x :

$$Q_x = (Q_x)_{s.a.} + \frac{4 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^2 \operatorname{ch} \alpha_m} \cdot \operatorname{ch} \frac{m\pi \cdot y}{a} \cdot \cos \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

Esfuerzo cortante y :

$$Q_y = (Q_y)_{s.a.} + \frac{4 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^2 \operatorname{ch} \alpha_m} \cdot \operatorname{sh} \frac{m\pi \cdot y}{a} \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

La reacción vertical a lo largo del lado mayor (b), es :

en el borde $x=0$:

$$V_x = (V_x)_{s.a.}(x=0) + \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^2 \operatorname{ch} \alpha_m} \left[\{4 - 2\nu - (1 - \nu) \cdot \alpha_m \operatorname{th} \alpha_m\} \cdot \operatorname{ch} \frac{m\pi \cdot y}{a} + (1 - \nu) \cdot \frac{m\pi \cdot y}{a} \cdot \operatorname{sh} \frac{m\pi \cdot y}{a} \right]$$

en el borde $x=a$:

$$V_x = (V_x)_{s.a.}(x=a) + \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^2 \operatorname{ch} \alpha_m} \left[\{4 - 2\nu - (1 - \nu) \alpha_m \operatorname{th} \alpha_m\} \cdot \operatorname{ch} \frac{m\pi \cdot y}{a} + (1 - \nu) \frac{m\pi \cdot y}{a} \operatorname{sh} \frac{m\pi \cdot y}{a} \right] \cos m\pi$$

El valor numérico máximo de esta reacción se sitúa en el punto medio del lado mayor (b), $y=0$:

$$(V_x)_{x=0, y=0} = (V_x)_{s.a. (x=0, y=0)} + \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^2 \operatorname{ch} \alpha_m} [4 - 2\nu - (1-\nu) \cdot \alpha_m \operatorname{th} \alpha_m]$$

$$(V_x)_{x=0, y=0} = (V_x)_{\max} = \delta \cdot q \cdot a$$

La reacción vertical a lo largo del lado menor (a), es :

en el borde $y = -\frac{b}{2}$:

$$V_y = (V_y)_{s.a. (y = -b/2)} + \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^2 \operatorname{ch}^2 \alpha_m} [(1-\nu) \cdot \alpha_m - (1+\nu) \cdot \operatorname{ch} \alpha_m \cdot \operatorname{sh} \alpha_m] \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

en el borde $y = \frac{b}{2}$:

$$V_y = (V_y)_{s.a. (y = b/2)} + \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^2 \operatorname{ch}^2 \alpha_m} [(1+\nu) \cdot \operatorname{ch} \alpha_m \cdot \operatorname{sh} \alpha_m - (1-\nu) \cdot \alpha_m] \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

El valor numérico máximo de esta reacción se sitúa en el punto medio del lado

menor (a), $x = \frac{a}{2}$:

$$(V_y)_{y = -\frac{b}{2}, x = \frac{a}{2}} = (V_y)_{s.a. (y, x)} + \frac{2 \cdot q \cdot a}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m}{m^2 \operatorname{ch}^2 \alpha_m} [(1-\nu) \cdot \alpha_m - (1+\nu) \cdot \operatorname{ch} \alpha_m \cdot \operatorname{sh} \alpha_m] \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi}{2}$$

$$(V_y)_{y = -\frac{b}{2}, x = \frac{a}{2}} = (V_y)_{\max} = \delta_1 \cdot q \cdot a$$

La reacción vertical en las esquinas $x=0, y = -\frac{b}{2}$: (tiene el mismo valor en todas las esquinas)

$$R = R_{s.a. (x=0, y=-\frac{b}{2})} + 2(M_{xy})_{x=0, y=-\frac{b}{2}}$$

$$R = R_{s.a. (x=0, y=-\frac{b}{2})} + 2 \cdot (1-\nu) \cdot \frac{q \cdot a \cdot b}{\pi \cdot 2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{C_m \cdot \alpha_m}{m^2 \operatorname{ch} \alpha_m} [\alpha_m \operatorname{ch} \alpha_m - (\alpha_m \operatorname{th} \alpha_m + 1) \operatorname{sh} \alpha_m] = 0$$

NOTA : El valor de la reacción vertical no resulta de R, sino del valor de las ecuaciones de reacción vertical V_x o V_y , al ser evaluadas en las esquinas.

Tabla 2. 4. : Variación de $(V_x)_{\text{máx}}$, $(V_y)_{\text{máx}}$, en función de la relación (b/a) ; losa rectangular, 02 borde opuestos simple apoyados y 02 empotrados, y uniformemente cargada : $\nu=0.2$

b/a	$(V_x)_{\text{máx}}$ $=\delta \cdot q \cdot a$ δ	$(V_y)_{\text{máx}}$ $=\delta_1 \cdot q \cdot a$ δ_1
1.0	0.319	0.516
1.1	0.349	0.556
1.2	0.375	0.591
1.3	0.399	0.621
1.4	0.420	0.645
1.5	0.438	0.666
1.6	0.453	0.682
1.7	0.466	0.696
1.8	0.476	0.706
1.9	0.484	0.714
2.0	0.491	0.721
2.1	0.496	0.726
2.2	0.499	0.730
2.3	0.502	0.733
2.4	0.504	0.735
2.5	0.505	0.737
2.6	0.506	0.738
2.7	0.507	0.739
2.8	0.507	0.740
2.9	0.507	0.741
3.0	0.507	0.741

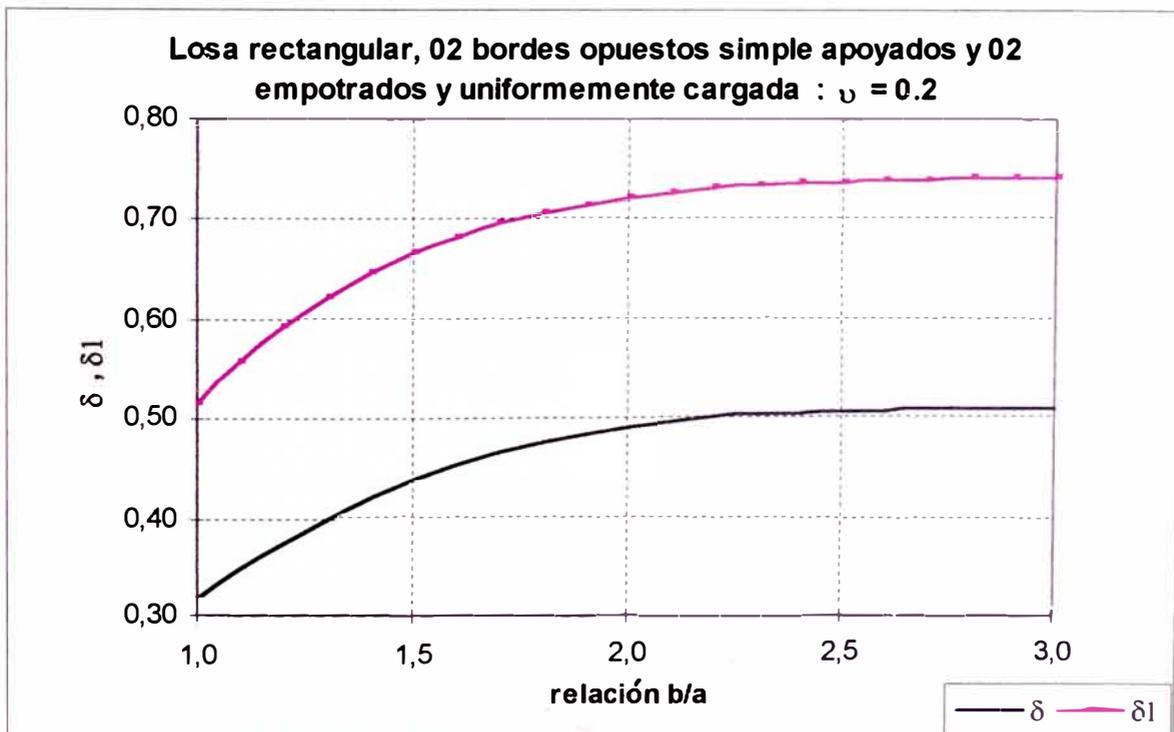


Gráfico 2. 4. :Curvas valores de δ , δ_1 , en función de b/a

Tabla 2.5. : Forma de la curva de reacción vertical V_x , en el lado mayor (b), borde $x=0$, $x=a$: Losa rectangular, 2 bordes opuestos simple apoyada y 2 empotrados, uniformemente cargada : $\nu=0.2$

Y/b	$b/a=1.0$	$b/a=2.0$	$b/a=3.0$
-0.500	-0.564	-0.843	-0.874
-0.438	-0.216	-0.188	-0.033
-0.375	-0.027	0.109	0.269
-0.313	0.098	0.278	0.405
-0.250	0.187	0.378	0.466
-0.188	0.248	0.436	0.492
-0.125	0.289	0.469	0.502
-0.063	0.312	0.486	0.506
0.000	0.319	0.491	0.507
0.063	0.312	0.486	0.506
0.125	0.289	0.469	0.502
0.188	0.248	0.436	0.492
0.250	0.187	0.378	0.466
0.313	0.098	0.278	0.405
0.375	-0.027	0.109	0.269
0.438	-0.216	-0.188	-0.033
0.500	-0.564	-0.843	-0.874

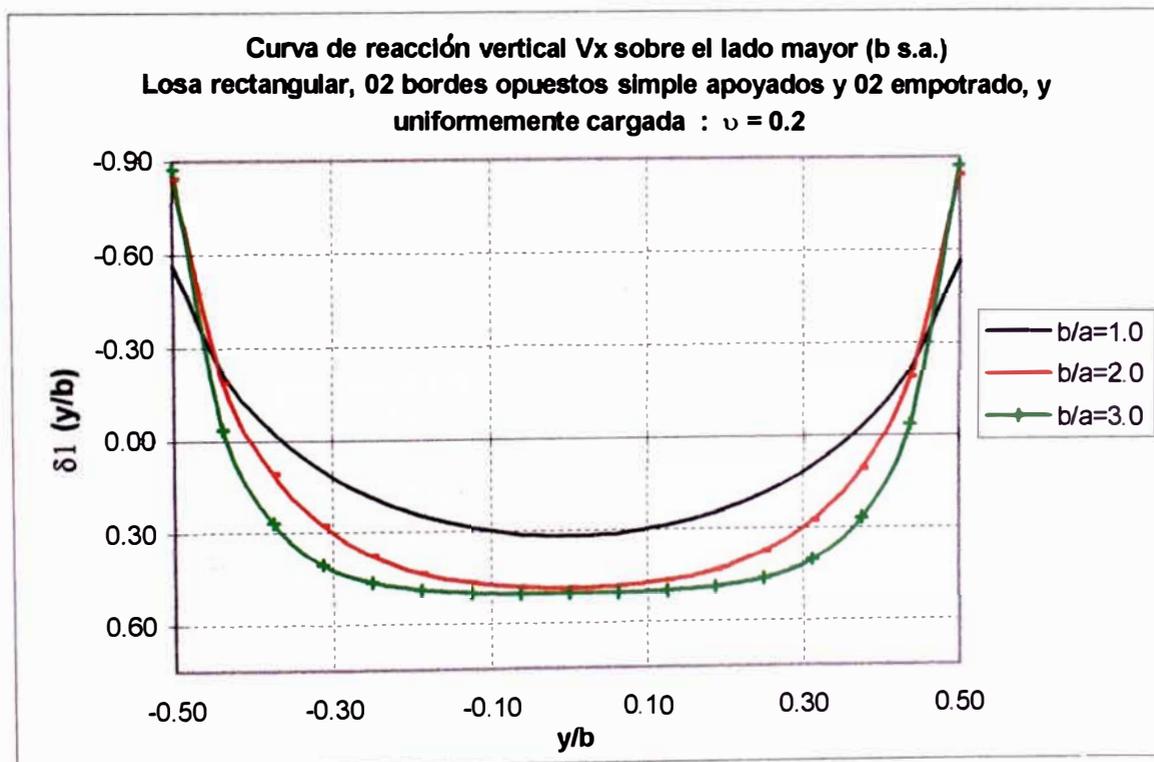


Gráfico 2.5. : Variación de la forma de la curva de reacción vertical V_x , en el lado mayor (b), borde $x=0$, $x=a$, en función de b/a .

Tabla 2.6. : Forma de la curva de reacción vertical V_y , en el lado menor (a), borde $y=\pm b/2$: Losa rectangular simplemente apoyada y uniformemente cargada : $\nu=0.2$

x/a	$b/a=1.0$	$b/a=2.0$	$b/a=3.0$
0.000	0.000	0.000	0.000
0.063	0.220	0.260	0.264
0.125	0.331	0.410	0.417
0.188	0.402	0.516	0.527
0.250	0.450	0.595	0.610
0.313	0.482	0.652	0.669
0.375	0.502	0.691	0.709
0.438	0.513	0.713	0.733
0.500	0.517	0.721	0.741
0.563	0.513	0.713	0.733
0.625	0.502	0.691	0.709
0.688	0.482	0.652	0.669
0.750	0.450	0.595	0.610
0.813	0.402	0.516	0.527
0.875	0.331	0.410	0.417
0.938	0.220	0.260	0.264
1.000	0.000	0.000	0.000

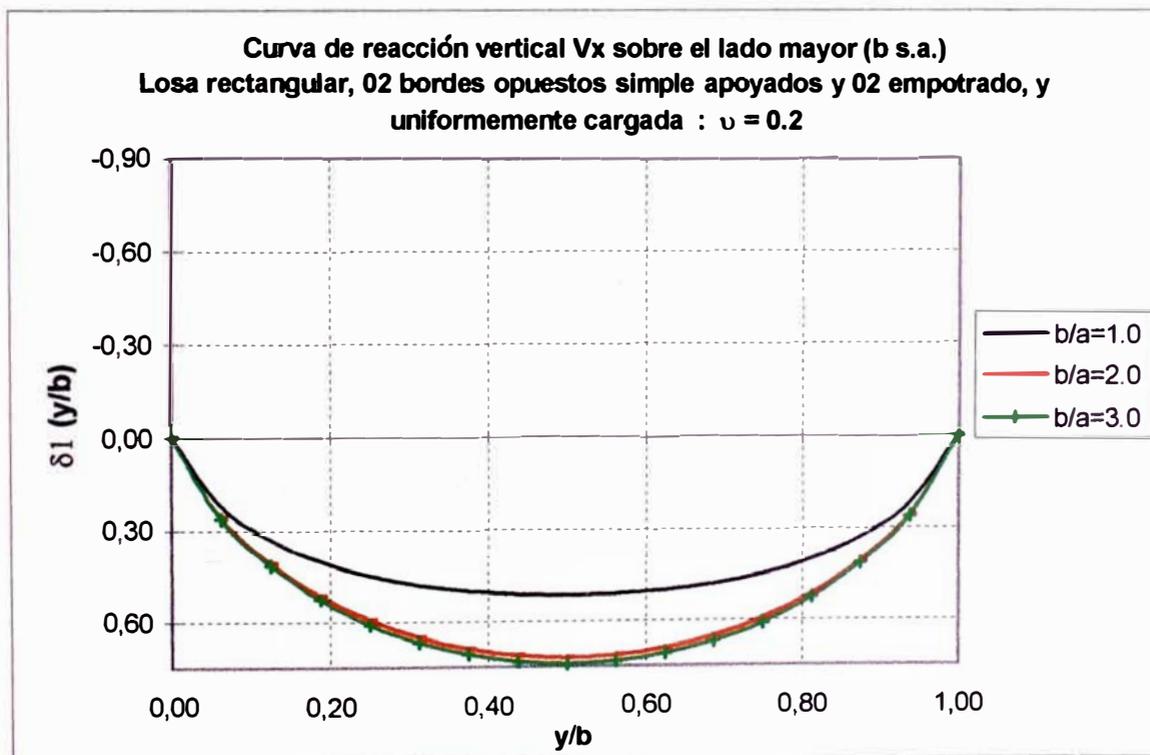


Gráfico 2.6. : Variación de la forma de la curva de reacción vertical V_y , en el lado menor (a), borde $y=\pm b/2$, en función de b/a

CASO P1-a : Losa rectangular simplemente apoyada bajo carga puntual

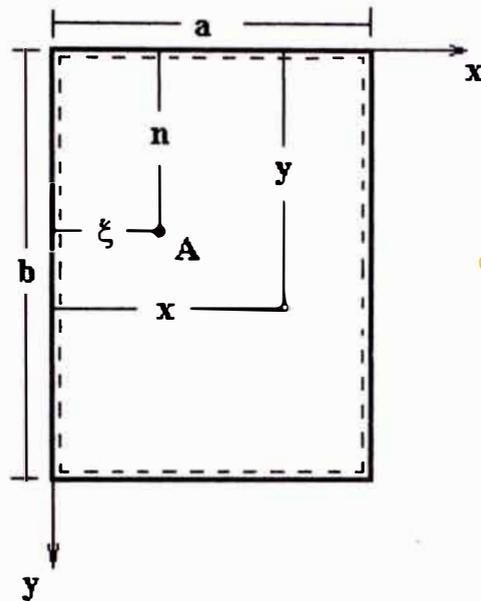


Fig. 2.7. : Losa rectangular simplemente apoyada en los 4 bordes

La deformada que cumple, las condiciones de borde y carga impuesta, es : (de acuerdo al Libro Teoría de losas y láminas de S. Timoshenko y S. Woinowsky-Krieger, Pág. 163).

Para : $y \geq \eta$

$$w = \frac{P \cdot a^2}{\pi^3 D} \sum_{m=1}^{\infty} \left[1 + \beta_m \cdot \text{cth} \beta_m - \frac{\beta_m (b-y)}{b} \text{cth} \frac{\beta_m (b-y)}{b} - \frac{\beta_m \eta}{b} \text{cth} \frac{\beta_m \eta}{b} \right] \cdot \frac{\text{sh} \frac{\beta_m \eta}{b} \cdot \text{sh} \frac{\beta_m (b-y)}{b} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{m^3 \text{sh} \beta_m}$$

Para : $y < \eta$

$$w = \frac{P \cdot a^2}{\pi^3 D} \sum_{m=1}^{\infty} \left[1 + \beta_m \cdot \text{cth} \beta_m - \frac{\beta_m \cdot y}{b} \text{cth} \frac{\beta_m \cdot y}{b} - \frac{\beta_m \cdot (b-\eta)}{b} \text{cth} \frac{\beta_m \cdot (b-\eta)}{b} \right]$$

$$\frac{\text{sh} \frac{\beta_m \cdot (b - \eta)}{b} \cdot \text{sh} \frac{\beta_m \cdot y}{b} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{m^3 \text{sh} \beta_m}$$

Donde :
$$\beta_m = \frac{m\pi \cdot b}{a}$$

CASO PARTICULAR : Carga P concentrada aplicado en un punto A sobre el eje de simetría de la losa

$$\eta = b/2$$

haciendo :
$$\alpha_m = \frac{m\pi \cdot b}{2a} = \frac{\beta_m}{2}$$

Y trasladando el eje X al eje de simetría de la losa.

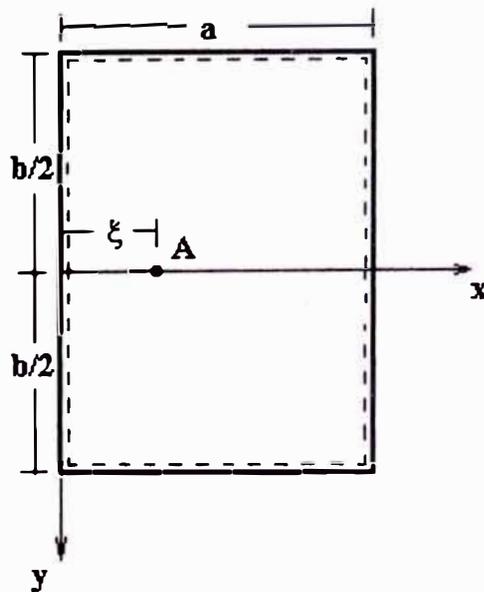


Fig. 2.8. : Losa rectangular simplemente apoyada en los 4 bordes. Sistema de coordenadas que aprovecha la simetría de la estructura alrededor del eje X.

Para : $y \geq 0$

$$w = \frac{P \cdot a^2}{2\pi^3 D} \sum_{m=1}^{\infty} \left[(1 + \alpha_m \cdot \text{th} \alpha_m) \cdot \text{sh} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} - \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \text{ch} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \right] \cdot \frac{\text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{m^3 \text{ch} \alpha_m}$$

Para : $y < 0$

$$w = \frac{P \cdot a^2}{2\pi^3 D} \sum_{m=1}^{\infty} \left[(1 + \alpha_m \cdot \text{th} \alpha_m) \cdot \text{sh} \frac{\alpha_m (2y-b)}{b} - \frac{\alpha_m (2y-b)}{b} \text{ch} \frac{\alpha_m (2y-b)}{b} \right] \cdot \frac{\text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{m^3 \text{ch} \alpha_m}$$

NOTA : Si la carga se encuentra aplicado en el centro de la losa (carga centrada) , la función de la deformada tiene que dar una figura simétrica, y para este caso se emplea en el termino de sumatoria solo los números impares de $m(1,3,5,7,9,11, \dots)$.

Si la carga se aplica en otro lugar del eje X que no sea el centro de la losa (carga no centrada), entonces se va ha dar una deformada con una figura no simétrica, y para esto se emplea en el termino de la sumatoria todos los términos de $m(1,2,3,4,5,6,7,8, \dots)$.

Empleando la formula para $y \geq 0$; obtenemos : $\frac{\delta \cdot w}{\delta \cdot x}$, $\frac{\delta^2 \cdot w}{\delta \cdot x^2}$, $\frac{\delta \cdot w}{\delta \cdot y}$, $\frac{\delta^2 \cdot w}{\delta \cdot y^2}$, y

reemplazando en las ecuaciones 2.11 (a-c), 2.13 (a-b)

Momento flector x :

$$M_x = \frac{P}{2\pi} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[\{1 + \nu + \alpha_m \text{th} \alpha_m (1 - \nu)\} \text{sh} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} - (1 - \nu) \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \text{ch} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \right] \cdot \frac{\text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{m \cdot \text{ch} \alpha_m}$$

Momento flector y :

$$M_x = \frac{P}{2\pi} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[\{1 + \nu - \alpha_m \operatorname{th} \alpha_m (1 - \nu)\} \operatorname{sh} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} + (1 - \nu) \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \operatorname{ch} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \right] \cdot \frac{\operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{m \cdot \operatorname{ch} \alpha_m}$$

Momento torsor xy :

$$M_{xy} = (1 - \nu) \cdot \frac{P}{2\pi} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[\frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \cdot \operatorname{sh} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} - \alpha_m \operatorname{th} \alpha_m \cdot \operatorname{ch} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \right] \cdot \frac{\operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \operatorname{cos} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{m \cdot \operatorname{ch} \alpha_m}$$

Esfuerzo cortante x :

$$Q_x = \frac{P}{a} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[\operatorname{sh} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \right] \cdot \frac{\operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \operatorname{cos} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{\operatorname{ch} \alpha_m}$$

Esfuerzo cortante y :

$$Q_y = -\frac{P}{a} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[\operatorname{ch} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \right] \cdot \frac{\operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{\operatorname{ch} \alpha_m}$$

La reacción vertical a lo largo del lado mayor (b), es :

en el borde x=0 :

$$V_x = \frac{P}{2a} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[\{3 - \nu - (1 - \nu) \cdot \alpha_m \operatorname{th} \alpha_m\} \cdot \operatorname{sh} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} + (1 - \nu) \cdot \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \cdot \operatorname{ch} \frac{\alpha_m (b-2y)}{b} \right] \cdot \frac{\operatorname{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a}}{\operatorname{ch} \alpha_m}$$

El valor numérico máximo de esta reacción se sitúa en el punto medio del lado mayor (b), y=0 :

$$(V_x)_{x=0, y=0} = \frac{P}{2a} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[(3-\nu) \cdot \text{th}\alpha_m + (1-\nu) \frac{\alpha_m}{\text{ch}^2 \alpha_m} \right] \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a}$$

$$(V_x)_{x=0, y=0} = (V_x)_{\text{max}} = \delta \cdot \frac{P}{a}$$

La reacción vertical a lo largo del lado menor (a), es :

en el borde $y = \frac{b}{2}$:

$$V_y = -\frac{P}{2a} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[(1-\nu) \cdot \alpha_m \text{th}\alpha_m + 2 \right] \cdot \frac{\text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{\text{ch}\alpha_m}$$

El valor numérico máximo de esta reacción se sitúa en el punto medio del lado

menor (a), $x = \frac{a}{2}$:

$$(V_y)_{y = \frac{b}{2}, x = \frac{a}{2}} = -\frac{P}{2a} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[(1-\nu) \cdot \alpha_m \text{th}\alpha_m + 2 \right] \cdot \frac{\text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \text{sen} \frac{m\pi}{2}}{\text{ch}\alpha_m}$$

$$(V_y)_{y = \frac{b}{2}, x = \frac{a}{2}} = (V_y)_{\text{max}} = \delta_1 \cdot \frac{P}{a}$$

La reacción vertical en las esquinas $x=0, y = \frac{b}{2}$: (tiene el mismo valor en todas las esquinas)

$$R = 2(M_{xy})_{x=0, y = \frac{b}{2}} = -(1-\nu) \cdot \frac{P}{2\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \left[\alpha_m \text{th}\alpha_m \right] \cdot \frac{\text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a}}{m \cdot \text{ch}\alpha_m} = \beta \cdot P$$

Tabla 2. 7. : Variación de $(V_x)_{\text{máx}}$, $(V_y)_{\text{máx}}$, y R en función de la relación (b/a) : losa rectangular simplemente apoyada, carga concentrada P aplicado en el centro de la losa : $\nu=0.2$

b/a	$(V_x)_{\text{máx}}$ $=\delta \cdot P/a$ δ	$(V_y)_{\text{máx}}$ $=\delta_1 \cdot P/a$ δ_1	R $=\beta \cdot P$ β
1.0	0.681	0.683	0.1393
1.1	0.696	0.604	0.1375
1.2	0.704	0.534	0.1328
1.3	0.708	0.472	0.1261
1.4	0.709	0.417	0.1182
1.5	0.709	0.368	0.1097
1.6	0.708	0.325	0.1010
1.7	0.707	0.286	0.0924
1.8	0.706	0.252	0.0840
1.9	0.704	0.222	0.0761
2.0	0.703	0.195	0.0686
2.1	0.702	0.171	0.0617
2.2	0.701	0.150	0.0553
2.3	0.700	0.132	0.0495
2.4	0.699	0.116	0.0442
2.5	0.698	0.101	0.0393
2.6	0.698	0.089	0.0350
2.7	0.697	0.078	0.0311
2.8	0.697	0.068	0.0275
2.9	0.696	0.059	0.0244
3.0	0.696	0.052	0.0216

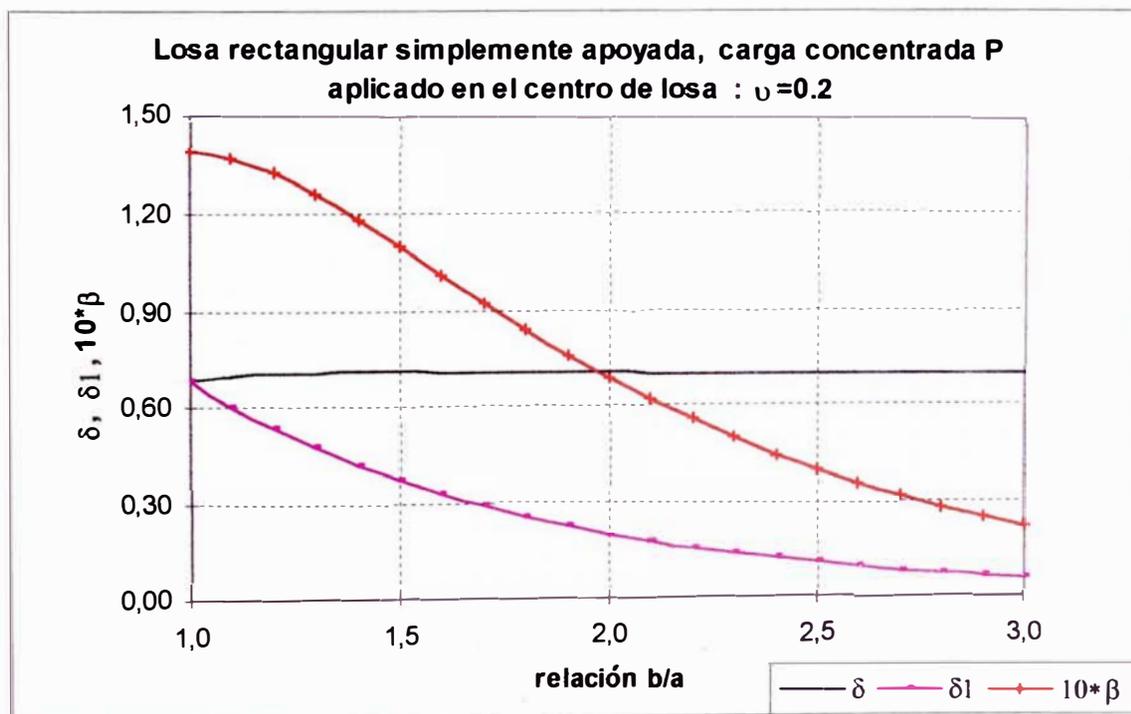


Tabla 2.8. : Forma de la curva de reacción vertical V_x , en el lado mayor (b), borde $x=0$, $x=a$: Losa rectangular simplemente apoyada, carga concentrada P aplicado en el centro de la losa : $\nu=0.2$

y/b	$b/a=1.0$	$b/a=2.0$	$b/a=3.0$
-0.500	0.000	0.000	0.000
-0.438	0.096	0.020	0.000
-0.375	0.195	0.048	0.002
-0.313	0.299	0.094	0.014
-0.250	0.405	0.169	0.046
-0.188	0.509	0.289	0.123
-0.125	0.599	0.455	0.285
-0.063	0.661	0.626	0.541
0.000	0.682	0.702	0.697
0.063	0.661	0.626	0.541
0.125	0.599	0.455	0.285
0.188	0.509	0.289	0.123
0.250	0.405	0.169	0.046
0.313	0.299	0.094	0.014
0.375	0.195	0.048	0.002
0.438	0.096	0.020	0.000
0.500	0.000	0.000	0.000

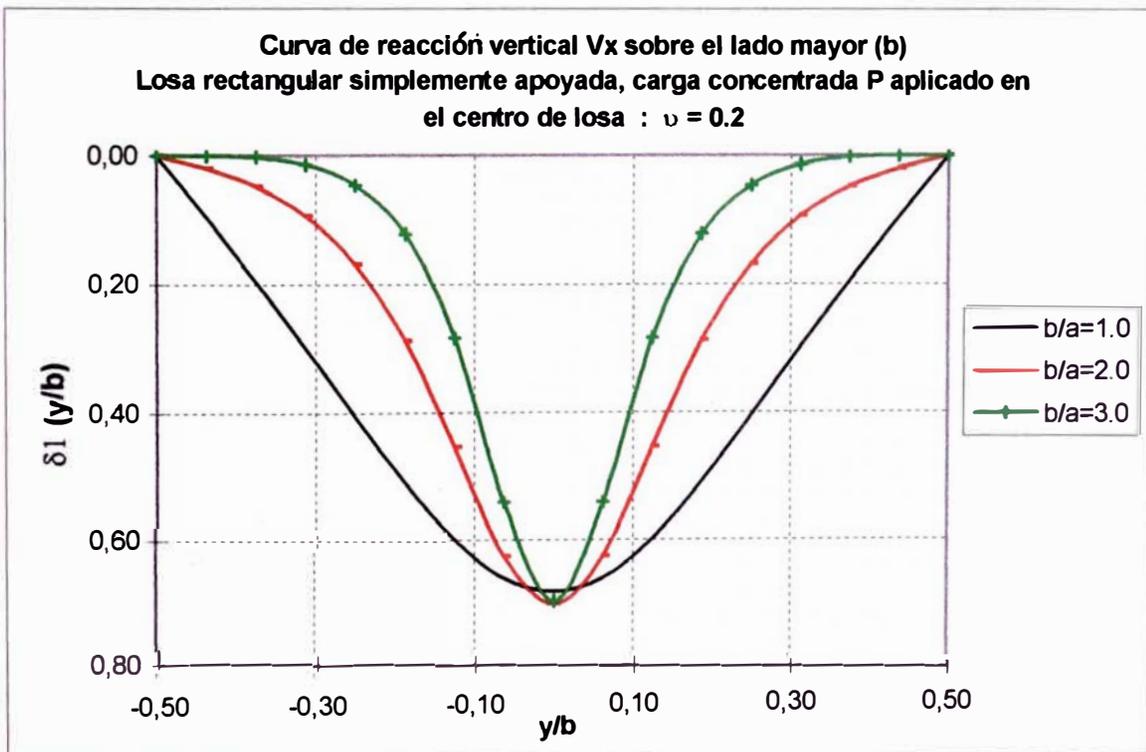
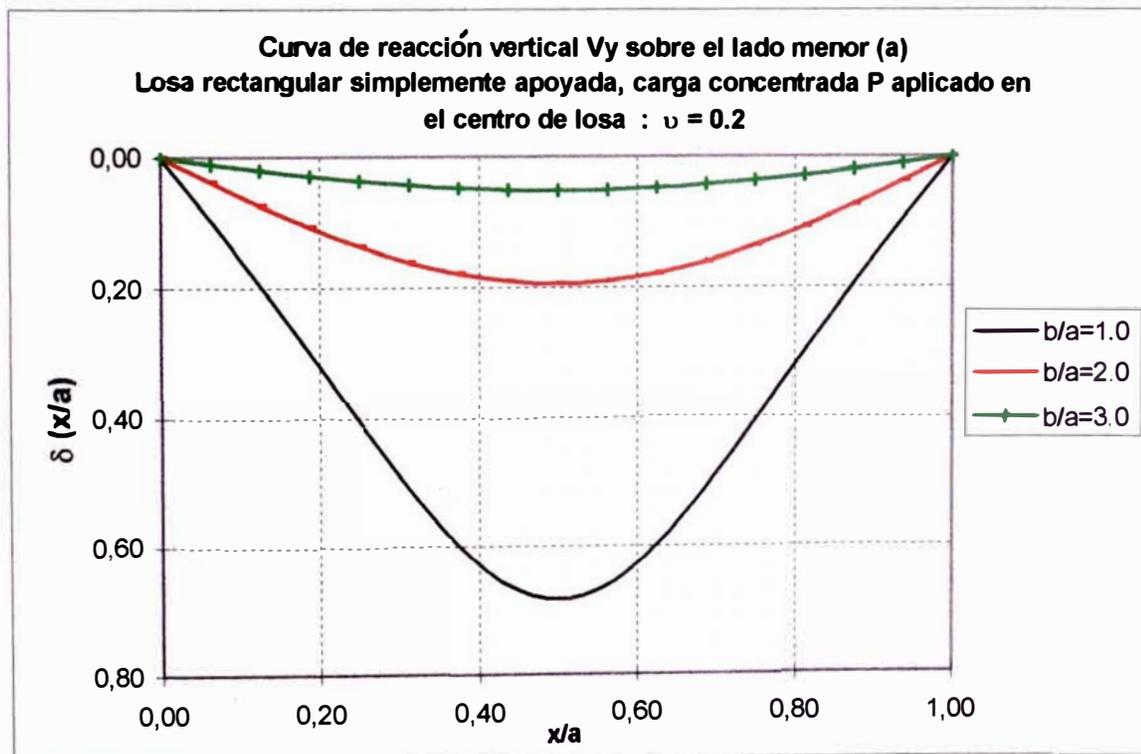


Gráfico 2.8. : Variación de la forma de la curva de reacción vertical V_x , en el lado mayor (b), borde $x=0$, $x=a$, en función de b/a .

Tabla 2.9. : Forma de la curva de reacción vertical V_y , en el lado menor (a), borde $y=\pm b/2$: Losa rectangular simplemente apoyada, carga concentrada P aplicado en el centro de la losa : $\nu=0.2$

x/a	$b/a=1.0$	$b/a=2.0$	$b/a=3.0$
0.000	0.000	0.000	0.000
0.063	0.220	0.260	0.264
0.125	0.331	0.410	0.417
0.188	0.402	0.516	0.527
0.250	0.450	0.595	0.610
0.313	0.482	0.652	0.669
0.375	0.502	0.691	0.709
0.438	0.513	0.713	0.733
0.500	0.517	0.721	0.741
0.563	0.513	0.713	0.733
0.625	0.502	0.691	0.709
0.688	0.482	0.652	0.669
0.750	0.450	0.595	0.610
0.813	0.402	0.516	0.527
0.875	0.331	0.410	0.417
0.938	0.220	0.260	0.264
1.000	0.000	0.000	0.000



2.3. Análisis de losas bidireccionales por el método de elementos finitos.

2.3.1. Introducción

El método de elementos finitos, es un método que permite resolver un problema que ocurre en la naturaleza (que puede ser expresado por medio de ecuaciones diferenciales, y consiste en discretizar un determinado medio continuo), mediante la solución de las ecuaciones diferenciales que lo gobiernan, considerando que el “todo” es la suma de sus “partes”, pero las funciones que gobiernan cada una de esas partes denominada elemento finito son de orden local, lo que permite al momento de sumar la contribución de cada una de ellas (ensamblaje) una mejor descripción global de la variable en estudio de la estructura.

El programa comercial SAP, para el análisis de losas (placas sometidas a cargas transversales al plano medio de la losa) utiliza los elementos tipo SHELL, el cual emplea el MODELO DE DESPLAZAMIENTOS y esta implementado con modelos DKQ (cuadrilátero discreto de Kirchoff, de 12 grados de libertad) y DKT (triángulo discreto de Kirchoff, de 9 grados de libertad), en su formulación. Este modelo es el menos eficiente (en cuanto a la aproximación) y mucho mas en las variable de reacciones verticales en los apoyos que se analiza en el presente estudio, pero es el que esta fácilmente disponible. Esta deficiencia se suplirá con una malla lo suficientemente fina para cumplir con los objetivos del presente estudio.

En la formulación de los elementos finitos se debe llegar a cumplir :

- Equilibrio interior y exterior
- Continuidad
- Relaciones constitutivas

Para cumplir esto último (que esta en función de las aproximaciones para los desplazamientos), se cumpliría si se llegara a acertar con la aproximación para el problema (caso imposible de realizar).

2.3.2. Formulación del método de elementos finitos en problemas de elasticidad lineal.

Los problemas de elasticidad lineal están gobernados por las siguientes ecuaciones básicas

a) Ecuaciones de equilibrio de esfuerzos.

$$\sigma_{ij,j} + \bar{b}_i = 0 \quad \text{en } \Omega$$

$$\sigma_{ij} n_j = \bar{T}_i \quad \text{en } S_\sigma$$

[Condición de equilibrio entre los esfuerzos y las tracciones de superficie]

b) Ecuaciones de continuidad

$$u_i = \bar{u}_i \quad \text{en } S_u$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) + \frac{1}{2}u_{k,i}u_{k,j}$$

[El segundo término del miembro de la derecha se ignora, ya que de acuerdo a la hipótesis asumida, los desplazamientos transversales no son importantes]

c) Relaciones constitutivas.

$$\sigma_{ij,j} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} \quad \circ$$

$$\varepsilon_{ij} = S_{ijkl} \sigma_{kl}$$

Donde :

- $\sigma_{ij,j}$ = Componente del tensor de esfuerzo
- ε_{ij} = Componente del tensor de deformación
- b_i = Componente de las fuerzas de cuerpo
- C_{ijkl} = Coeficiente de proporcionalidad elástica
- S_{ijkl} = Coeficiente inverso de proporcionalidad elástica

En notación indicial :

$$\sigma_{ij,j} = \sum_j \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j}$$

Un problema de elasticidad resuelve las ecuaciones anteriores para el dominio Ω , el cual, a lo largo de su borde S_σ las tracciones de superficie son prescritas, y a lo largo de la frontera restante S_u , los desplazamientos u_i son prescritos.

Se usará la formulación variacional para expresar dichas ecuaciones de elasticidad. Para el método de desplazamientos (que es una ampliación del método de rigideces para estructuras de barras) esta se puede obtener al hacer mínima la energía potencial total del sistema.

PRINCIPIO VARIACIONAL DE ENERGIA POTENCIAL MINIMA

Este principio puede ser derivado del principio de trabajos virtuales y para el cual, el campo de variables hasta la 1ª derivada de los desplazamientos (giros), deben ser continuos dentro del dominio.

Funcional de la energía potencial

$$\pi_p(u_i) = U - V = \text{Minima}$$

Donde : $U =$ Energía de deformación
 $V =$ Potencial de las cargas aplicadas

$$\pi_p = \int_V \frac{1}{2} \sigma_y \varepsilon_y dv - \int_V u_i b_i dv - \int_{S_\sigma} u_j T_j ds$$

en lenguaje matricial :

$$\pi_p(u) = \int_V \left(\frac{1}{2} \varepsilon^T \sigma - u^T \bar{b} \right) dv - \int_{S_\sigma} u^T \bar{T} ds$$

Haciendo : $u = N \cdot q$
 $\varepsilon = B \cdot q$
 $\sigma = D(\varepsilon - \varepsilon_0)$

reemplazando en la energía potencial :

$$\pi_p(u) = \int_V \left[\frac{1}{2} (B \cdot q)^T D (B \cdot q - \varepsilon_0) - (N \cdot q)^T \bar{b} \right] dv - \int_{S_\sigma} (N \cdot q)^T \bar{T} ds$$

que se puede escribir como :

$$\pi_p(q) = \frac{1}{2} q^T \cdot k \cdot q - q^T \cdot f$$

Determinando la condición para la mínima energía potencial :

$$\frac{\delta \cdot \pi_p}{\delta \cdot q} = 0 \quad \rightarrow \quad k \cdot q - f = 0$$

La matriz de rigidez global :

$$k = \int_V B^T \cdot D \cdot B \cdot dv$$

La matriz de fuerzas :

$$f = \int_V N^T \cdot \bar{b} \cdot dv + \int_{S_\sigma} N^T \cdot \bar{T} \cdot ds + \int_V B^T \cdot D \cdot \epsilon_0 \cdot dv$$

En la formula de f, La primera integral corresponde a las cargas por fuerzas de cuerpo, la segunda a la fuerzas de superficie, y la tercera a las deformaciones iniciales.

u = vector de desplazamientos

q = vector de desplazamiento nodal de un elemento

B = función de forma de deformaciones

D = matriz de rigidez elástica

N = función de forma de desplazamientos

ELEMENTO DKQ (Elemento cuadrilátero discreto de kirchoff)

Esta basado en el elemento de SERENDIP de 8 nudos, en el cual las incógnitas de los puntos medios de los lados son eliminadas, al expresar estas en función de incógnitas de las esquinas, y con ello tener elementos compatibles con elementos de viga.

Las funciones de aproximación habituales para los giros, están expresados por :

$$\theta_x = \sum N_j \theta_{x_j} \quad (\text{giro alrededor del eje x})$$

$$\theta_y = \sum N_j \theta_{y_j} \quad (\text{giro alrededor del eje y})$$

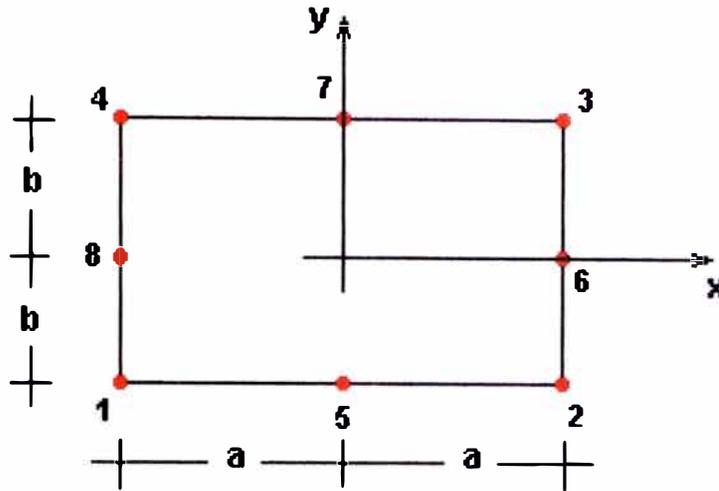


Fig. 2.9. : Elemento de Serendip de 8 nudos. Nudos 5, 6, 7 y 8 ubicados en los puntos medio de los lados 12, 23, 34 y 41 respectivamente

La formulación del elemento DKQ, esta basado en la discretización de la energía de deformación, donde la energía de deformación de corte es ignorado.

$$U = \sum_e U_b^e \quad \text{con} \quad U_b^e = \frac{1}{2} \int_{A^e} \langle \chi \rangle [D_b] \{ \chi \} dx dy \quad (1)$$

Donde :

U_b^e es la energía de deformación del elemento, debido a la flexión.

A^e es el área del elemento

$\{ \chi \}$ y $[D_b]$, para una losa homogénea e isótropo, están dados por :

$$\{ \chi \} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \beta_x}{\partial x} \\ \frac{\partial \beta_y}{\partial y} \\ \frac{\partial \beta_x}{\partial y} + \frac{\partial \beta_y}{\partial x} \end{array} \right\} \quad [D_b] = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (1-\nu)/2 \end{bmatrix} \quad (2a,b)$$

E, ν y h , son, el modulo de Young, la relación de Poisson y espesor, respectivamente. β_x y β_y son las rotaciones de la normal de al superficie media no deformada, en los planos x-z y y-z, respectivamente

Es necesario relacionar las rotaciones β_x y β_y con el desplazamiento transversal w , en dicha forma el elemento final tiene las características de un elemento tipo Kirchoff. Por ello la formulación del elemento DKQ esta basado en las siguientes consideraciones :

1.- β_x y β_y están definidas por expresiones polinomiales cubicas incompletas :

$$\beta_x = \sum_{i=1}^8 N_i \beta_{x_i} \qquad \beta_y = \sum_{i=1}^8 N_i \beta_{y_i} \qquad (3a,b) \quad /$$

Las funciones de forma N_i (ξ, η), $i = 1,8$ donde ξ y η son coordenadas paramétricas, y están basados en los elementos de Serendip de 8 nudos. β_x y β_y son variables nodales temporales definidas en las esquinas y en los puntos medios de las caras del elemento cuadrilátero.

2.- Los supuestos de Kirchoff son introducidos a través :

(a) En los nudos de las esquinas :

$$\begin{Bmatrix} \beta_{x_i} + w_{,x_i} \\ \beta_{y_i} + w_{,y_i} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \qquad i = 1, 2, 3, 4 \qquad (4)$$

(b) En los nudos intermedios de las caras :

$$\beta_{s_k} + w_{,s_k} = 0 \qquad k = 5, 6, 7, 8 \qquad (5)$$

donde s representa la coordenada a lo largo del contorne del elemento.

3.- $w_{,s_k}$ es la derivada del desplazamiento transversal w con respecto a s en el nudo intermedio k , y donde w es definido por una expresión cubica a lo largo de cada cara del elemento.

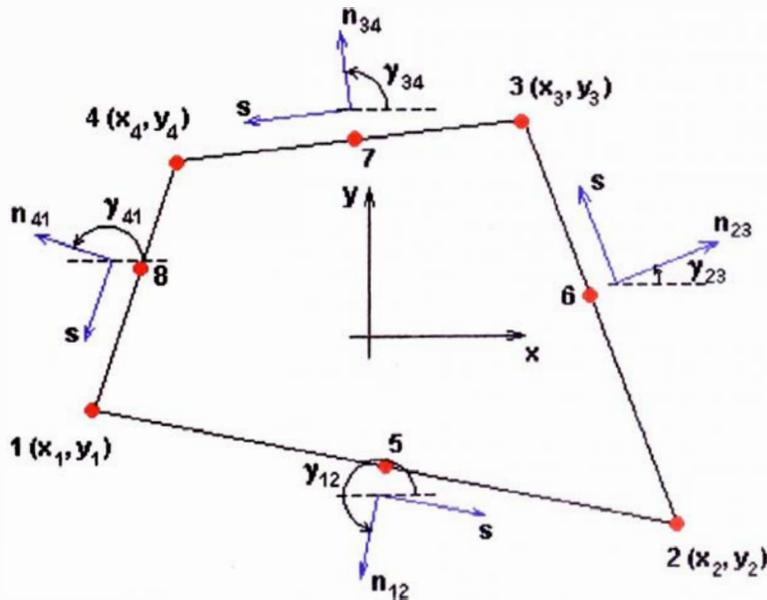
$$w_{,s_k} = \frac{-3}{2 l_{ij}} (w_i - w_j) - \frac{1}{4} (w_{,s_i} + w_{,s_j}) \tag{6}$$

Donde $k = 5, 6, 7, 8$ es el nudo intermedio de las caras $ij = 12, 23, 34, 41$, respectivamente. l_{ij} representa la longitud de la cara ij . (Ver figura 2.10.).

4.- β_n varia linealmente a lo largo de las caras.

$$\beta_{n_k} = \frac{1}{2} (\beta_{n_i} + \beta_{n_j}) = -\frac{1}{2} (w_{,s_i} + w_{,s_j}) \tag{7}$$

Donde $k = 5, 6, 7, 8$ corresponden a los nudos intermedios de las caras 12, 23, 34, 41.



$$\begin{aligned} x_{ij} &= x_i - x_j & i &= 1, 2, 3, 4, \quad y_j = 2, 3, 4, 1 \\ y_{ij} &= y_i - y_j \\ \rho_{ij}^2 &= (x_{ij}^2 + y_{ij}^2) & ij &= 12, 23, 34, 41 \\ \gamma_{ij} &= (\mathbf{x}, \mathbf{n}_{ij}) \\ C &= \cos \gamma_{ij} = -y_{ij} / \rho_{ij} \\ S &= \sin \gamma_{ij} = x_{ij} / \rho_{ij} \end{aligned}$$

Fig. 2.10. : Geometría de un elemento genérico DKQ

La expresión explícita de las rotaciones β_x y β_y de un cuadrilátero general en términos de las variables nodales finales.

$$\langle U_n \rangle = \langle w_1 \theta_{x_1} \theta_{y_1} w_2 \theta_{x_2} \theta_{y_2} w_3 \theta_{x_3} \theta_{y_3} w_4 \theta_{x_4} \theta_{y_4} \rangle \quad (8)$$

con $\theta_{x_i} = w_{,y_i}$ y $\theta_{y_i} = w_{,x_i}$ $i = 1, 2, 3, 4$ es obtenida usando las ecuaciones (3) – (8):

$$\beta_x = \langle H^x(\xi, \eta) \rangle \{U_n\} \quad (9a)$$

$$\beta_y = \langle H^y(\xi, \eta) \rangle \{U_n\} \quad (9b)$$

Donde :

$$\begin{aligned} \langle H^x \rangle &= \langle H_1^x \dots H_{12}^x \rangle \\ \langle H^y \rangle &= \langle H_1^y \dots H_{12}^y \rangle \\ H_1^x &= \frac{3}{2}(a_5 N_5 - a_8 N_8) \\ H_2^x &= (b_5 N_5 - b_8 N_8) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} H_3^x &= N_1 - c_5 N_5 - c_8 N_8 \\ H_1^y &= \frac{3}{2}(d_5 N_5 - d_8 N_8) \\ H_2^y &= -N_1 + e_5 N_5 - e_8 N_8 \end{aligned} \quad (11)$$

$$H_3^y = -b_5 N_5 - b_8 N_8 = -H_2^x$$

Las funciones $H_4^x, H_5^x, H_6^x, H_4^y, H_5^y, H_6^y$ son obtenidas desde las expresiones anteriores, reemplazando N_1 por N_2 y los índices 8 y 5 por 5 y 6, respectivamente. Las funciones $H_7^x, H_8^x, H_9^x, H_7^y, H_8^y, H_9^y$ son obtenidas desde las expresiones anteriores, reemplazando N_1 por N_3 y los índices 8 y 5 por 6 y 7, respectivamente. Las funciones $H_{10}^x, H_{11}^x, H_{12}^x, H_{10}^y, H_{11}^y, H_{12}^y$ son

obtenidas desde las expresiones anteriores, reemplazando N_1 por N_4 y los índices 8 y 5 por 7 y 8, respectivamente.

Las expresiones a_k, b_k, c_k, d_k, e_k , están en función de las coordenadas de los nudos y dimensiones de los lados.

De las ecuaciones (2) y (9) :

$$\{ \mathcal{X} \} = [B] \{ U_n \}$$

Donde :

$$[B] = \begin{bmatrix} j_{11} \langle H_{,\xi}^x \rangle + j_{12} \langle H_{,\eta}^x \rangle \\ j_{21} \langle H_{,\xi}^y \rangle + j_{22} \langle H_{,\eta}^y \rangle \\ j_{11} \langle H_{,\xi}^y \rangle + j_{12} \langle H_{,\eta}^y \rangle + j_{21} \langle H_{,\xi}^x \rangle + j_{22} \langle H_{,\eta}^x \rangle \end{bmatrix}$$

donde $j_{11}, j_{12}, j_{21}, j_{22}$ son los componentes de la matriz inversa del Jacobiano $[J]$ de la transformación entre el elemento paramétrico y el elemento real.

La matriz del elemento DKQ esta definido en una manera estándar para el modelo de desplazamiento, como :

$$[k^e] = \int_{A^e} [B]^T [D_b] [B] dx dy$$

$$[k^e] = \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} [B]^T [D_b] [B] \det[J] d\xi d\eta$$

Una integración numérica estándar empleando 2 x 2 puntos de integración de Gauss, han sido encontrado suficientes para la integración.

La construcción de la matriz de rigidez del elemento DKQ es directa y sencilla, sigue los procedimientos estándar para elementos de desplazamientos de membrana isoparamétricos; en general el elemento DKQ puede ser empleado para el análisis de losas en forma arbitraria.

2.3.3. Selección de un grado de partición adecuado para el análisis de losas rectangulares.

Debido a su aplicación práctica y la facilidad de poder analizar losas, bajo cualquier condición de carga y de bordes; para la evaluación de las losas en el presente estudio se decide optar por el método de elementos finitos.

Se empleará el programa SAP versión 90.

Para la construcción del modelo se utilizará el elemento SHELL de 4 nudos, y como las losas a analizarse son rectangulares, la descripción se realizará empleando elementos rectangulares.

La metodología de análisis de una superficie por elementos finitos se realiza particionando esta en porciones más pequeñas de análisis que van a estar interrelacionadas por funciones de continuidad. En general, mientras la partición sea más fina la exactitud del análisis va en aumento.

Para poder seleccionar una partición que nos determine un grado de precisión aceptable en los resultados, se va a realizar un análisis preliminar considerando una partición de 8x8, 16x16, y 32x32 elementos y comparando los resultados (de interés para el presente trabajo, reacciones verticales en los apoyos) con los obtenidos teóricamente en el Item 2.2

De los casos desarrollados en el Item 2.2, el que presenta resultados interesantes (por la forma no suavizada o variación fuerte de los resultados de reacción vertical en los apoyos) es el caso S1-b : Losa rectangular uniformemente cargada, 2 bordes opuestos simplemente apoyados y los otros 2 empotrados; por ello se realizará un análisis preliminar de este caso con el programa SAP.

Análisis preliminar

las variables para tomar en cuenta la selección de la malla son

- Grado de precisión de los resultados a alcanzar
- Grado de complejidad en la entrada de datos, así como demora en el tiempo de ejecución y abundancia de resultados no significativos (que alargaría el proceso de evaluación)

Caso S1-b : Losa rectangular uniformemente cargada, 2 bordes opuestos simplemente apoyados y los otros 2 empotrados

Datos : $a = b = 6.40 \text{ m.}$

$$q = 1 \text{ ton/m}^2$$

$$\nu = 0.2 \quad (\text{Coeficiente de Poisson})$$

$t =$ (Solo interesa para valores de desplazamiento, no para los esfuerzos; fijarse en las fórmulas obtenidas en el Item 2.2)

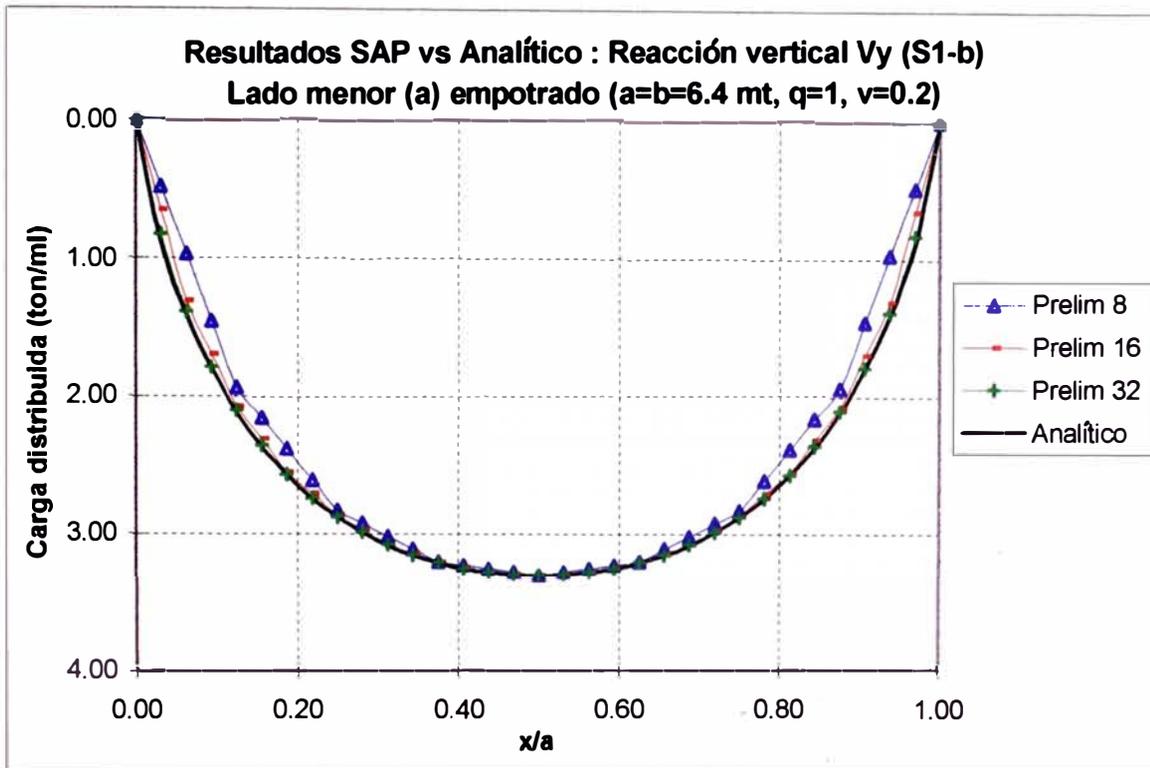


Gráfico 2.10. : Análisis preliminar por elementos finitos del caso S1-b. Reacción vertical V_x sobre el lado menor (empotrado)

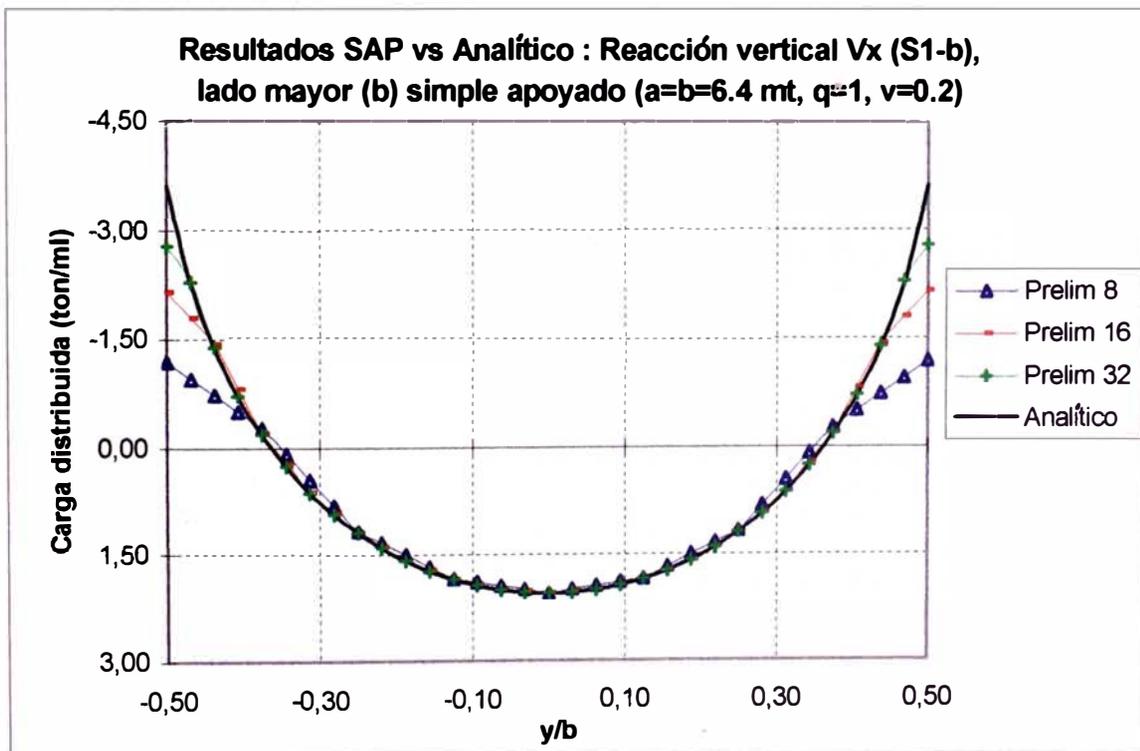


Gráfico 2.11. : Análisis preliminar por elementos finitos del caso S1-b. Reacción vertical V_y sobre el lado mayor (simplemente apoyado)

De los gráficos anteriores, puede observarse que una buena partición es una malla de 16x16 elementos.

Los resultados solo difieren en forma importante en los extremos del gráfico 2.11., y que corresponden a las reacciones verticales en las esquinas de la losa; esta subestimación del valor de la reacción es : 0.328 para la malla de 8x8, 0.595 para la malla 16x16, y 0.773 para la malla 32x32, respecto a l valor analítico.

Respecto a la forma de la distribución de la reacción vertical en los apoyos, puede pensarse que la partición de 32x32 es mejor, pero tiene el inconveniente de :

- Demora en la compilación y en la corrida por el programa SAP
- Todos los archivos creados por el SAP (luego de la corrida para el caso S1-b), ocupan un espacio de 5.65 MB; mientras que para una partición de 16x16 los mismos archivos ocupan 1.42 MB.
- La toma de datos para la evaluación es mas problemático.
- La solución es convergente (incluso para una carga puntual)

Por lo tanto para el presente estudio, se considera una malla refinada de 16x16 elementos, con nudos que estarán definidos con espaciamentos iguales en cada dirección. Cabe recordar que ni aún mallas muy refinadas de 32x32 elementos (como se ha visto para el caso S1-b, analizado anteriormente) , produce un error significativo en el calculo de la reacción vertical de las esquinas, lo que tendrá que tenerse en cuenta en los resultados del presente estudio.

2.3.4. Evaluación de losas con bordes elásticamente apoyados o elásticamente empotrados.

En una estructura real los apoyos de la losa, podrían ser vigas que forman parte de pórticos. en cuyo caso en el modelo de la losa, en lo que respecta a los giros de los bordes, esta corresponderá a un valor intermedio entre los supuestos

simplemente apoyado y empotrado que dependerá de la rigidez torsional de la viga.

Igualmente en los casos analizados anteriormente se restringía el desplazamiento vertical, condición que correspondería a un borde apoyado sobre un muro.

Debido a lo común de los bordes apoyados sobre vigas de pórticos se evaluará y comparará con los resultados obtenidos en el Item 2.2.

Se analiza las losas con las condiciones de carga y de borde de los casos ya analizados S1-a, S1-b y S1-c, pero esta vez con bordes elásticamente apoyados. Las esquinas serán restringidas a todo desplazamiento, pero no así a los giros (restricción mas conveniente para el modelo que puede corresponder a la continuidad con una columna en este nudo).

Se considerará una viga con dimensiones que resulten de un predimensionamiento usual, de acuerdo al RNC (Reglamento Nacional de Construcciones); la misma que esta en función de la luz del vano o distancia entre apoyos de la viga.

Para una viga continua :

el peralte de la viga :

$$h = \frac{\text{luz}_- \text{vano}}{12}$$

y el ancho :

$$b = \frac{h}{2}$$

Por supuesto para el predimensionamiento se considerara la mayor dimensión (a o b), y las dimensiones de la viga obtenido será típica en todos los bordes.

Se analizara dos casos :

- Losa cuadrada ($b/a = 1.0$) :

$$a = 6.0 \text{ m.}$$

$$b = 6.0 \text{ m.}$$

$$t = 0.20 \text{ m.}$$

Vigas de borde de .25 x .50 m.

(Obtenido de : $h=6.0/12=0.50$, $b=0.50/2=0.25$)

- Losa rectangular ($b/a = 2.0$) :

$$a = 6.0 \text{ m.}$$

$$b = 12.0 \text{ m.}$$

$$t = 0.20 \text{ m.}$$

Vigas de borde de 1.00 x 0.50 m.

(Obtenido de : $h=12.0/12=0.50$, $b=1.0/2=0.50$)

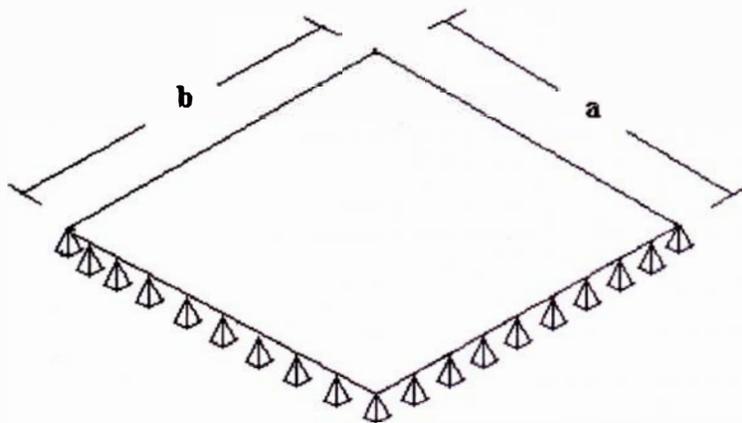


Fig. 2.9. : Condición de losa con bordes rígidos – desplazamiento vertical no permitido (muros)

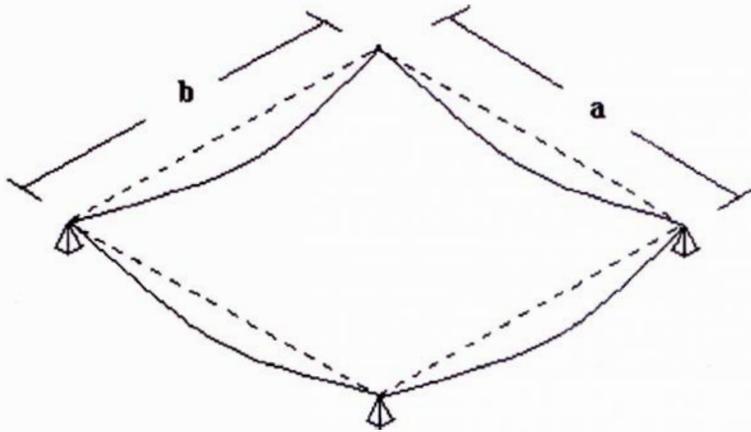


Fig. 2.10. : Condición de losa con bordes elásticos – desplazamiento vertical permitido (viga elástica)

EVALUACIÓN CON BORDES ELÁSTICOS DEL CASO S1-a :

Losa rectangular uniformemente cargada y simplemente apoyadas (articulado) en los 4 bordes.

Tabla 2.10. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado mayor (b) simplemente apoyado (articulado)

y/b	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
-0.500	0.007		0.007	
-0.438	0.168	0.107	0.262	-0.002
-0.375	0.259	0.182	0.375	0.247
-0.313	0.321	0.240	0.437	0.371
-0.250	0.365	0.276	0.472	0.433
-0.188	0.396	0.298	0.492	0.464
-0.125	0.417	0.316	0.502	0.473
-0.063	0.428	0.320	0.507	0.480
0.000	0.432	0.329	0.509	0.480
0.063	0.428	0.320	0.507	0.480
0.125	0.417	0.316	0.502	0.473
0.188	0.396	0.298	0.492	0.464
0.250	0.365	0.276	0.472	0.433
0.313	0.321	0.240	0.437	0.371
0.375	0.259	0.182	0.375	0.247
0.438	0.168	0.107	0.262	-0.002
0.500	0.007		0.007	

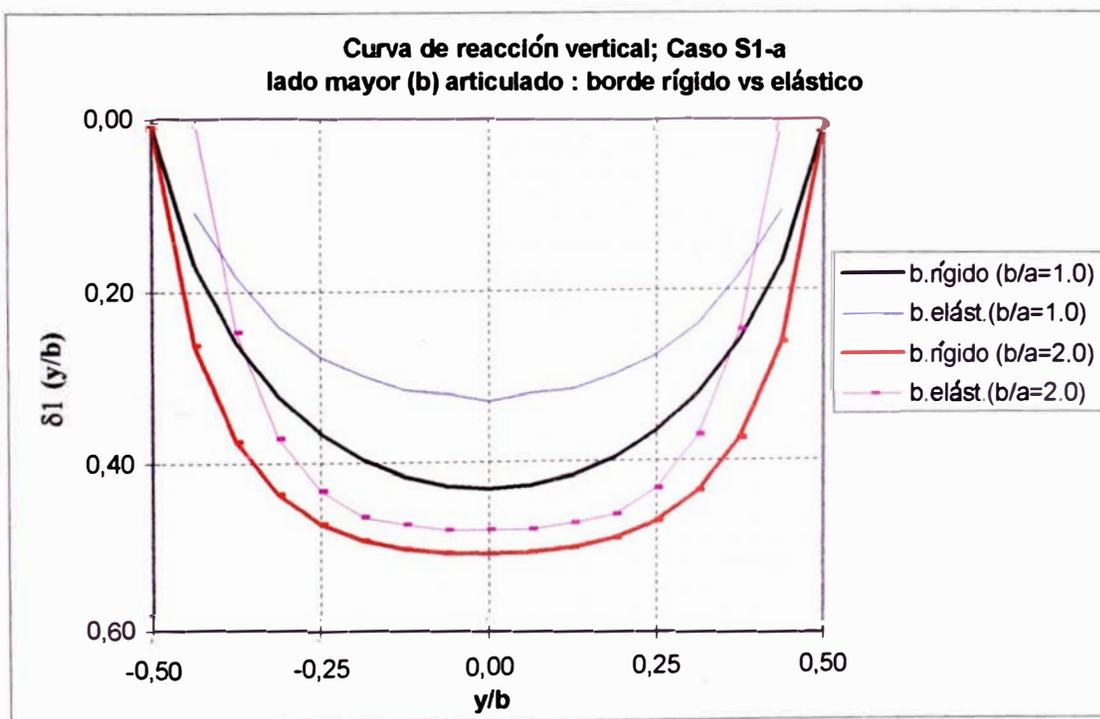


Gráfico 2.12. : Variación de la reacción vertical en el lado mayor (b) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

Tabla 2.11. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado menor (a) simplemente apoyado (giro transversal permitido)

x/a	b. rígido ($b/a=1.0$)	b. elástico ($b/a=1.0$)	b. rígido ($b/a=2.0$)	b. elástico ($b/a=2.0$)
0.000	0.000		0.000	
0.063	0.168	0.107	0.183	0.164
0.125	0.259	0.182	0.290	0.209
0.188	0.321	0.240	0.367	0.280
0.250	0.365	0.276	0.423	0.351
0.313	0.396	0.298	0.464	0.400
0.375	0.417	0.316	0.492	0.440
0.438	0.428	0.320	0.508	0.458
0.500	0.432	0.329	0.514	0.471
0.563	0.428	0.320	0.508	0.458
0.625	0.417	0.316	0.492	0.440
0.688	0.396	0.298	0.464	0.400
0.750	0.365	0.276	0.423	0.351
0.813	0.321	0.240	0.367	0.280
0.875	0.259	0.182	0.290	0.209
0.938	0.168	0.107	0.183	0.164
1.000	0.000		0.000	

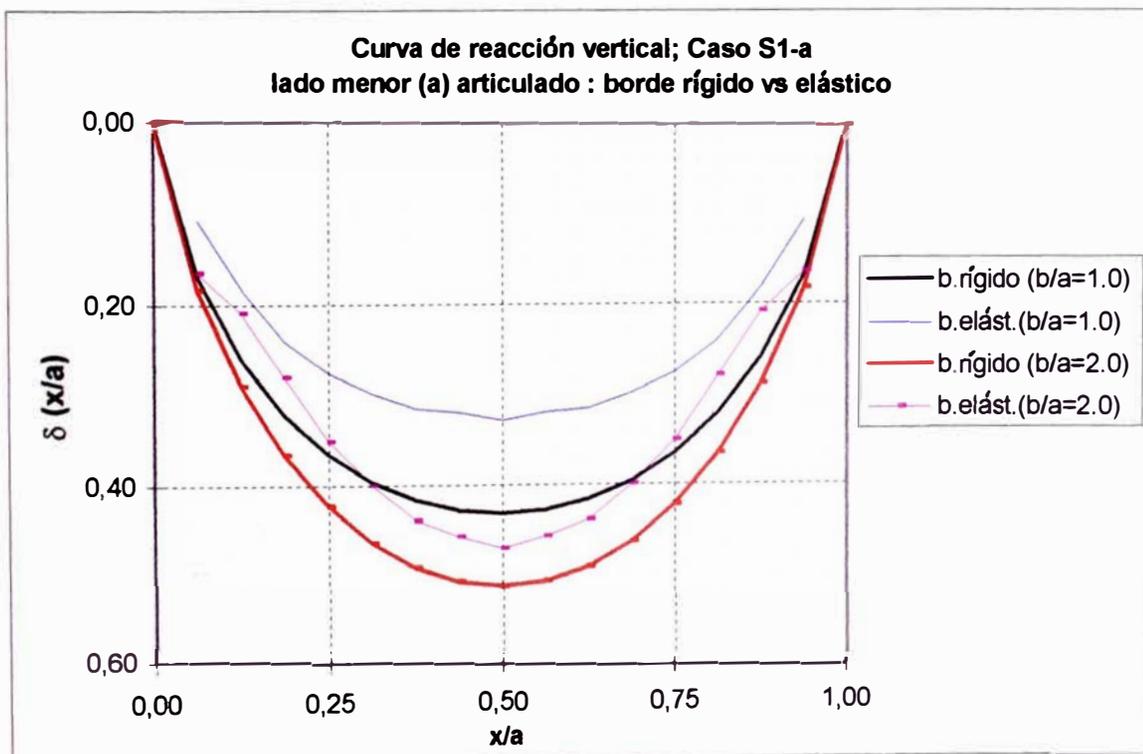


Gráfico 2.13. : Variación de la reacción vertical en el lado menor (a) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

EVALUACIÓN CON BORDES ELÁSTICOS DEL CASO S1-b :

Losa rectangular uniformemente cargada y 2 bordes opuestos simplemente apoyadas (Articulado) y los otros 2 empotrados.

Tabla 2.12. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado mayor (b) simplemente apoyado (articulado)

y/b	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
-0.500	-0.564		-0.843	
-0.438	-0.216	-0.036	-0.188	-0.102
-0.375	-0.027	0.093	0.109	0.198
-0.313	0.098	0.182	0.278	0.349
-0.250	0.187	0.236	0.378	0.422
-0.188	0.248	0.271	0.436	0.458
-0.125	0.289	0.289	0.469	0.473
-0.063	0.312	0.307	0.486	0.480
0.000	0.319	0.302	0.491	0.480
0.063	0.312	0.307	0.486	0.480
0.125	0.289	0.289	0.469	0.473
0.188	0.248	0.271	0.436	0.458
0.250	0.187	0.236	0.378	0.422
0.313	0.098	0.182	0.278	0.349
0.375	-0.027	0.093	0.109	0.198
0.438	-0.216	-0.036	-0.188	-0.102
0.500	-0.564		-0.843	

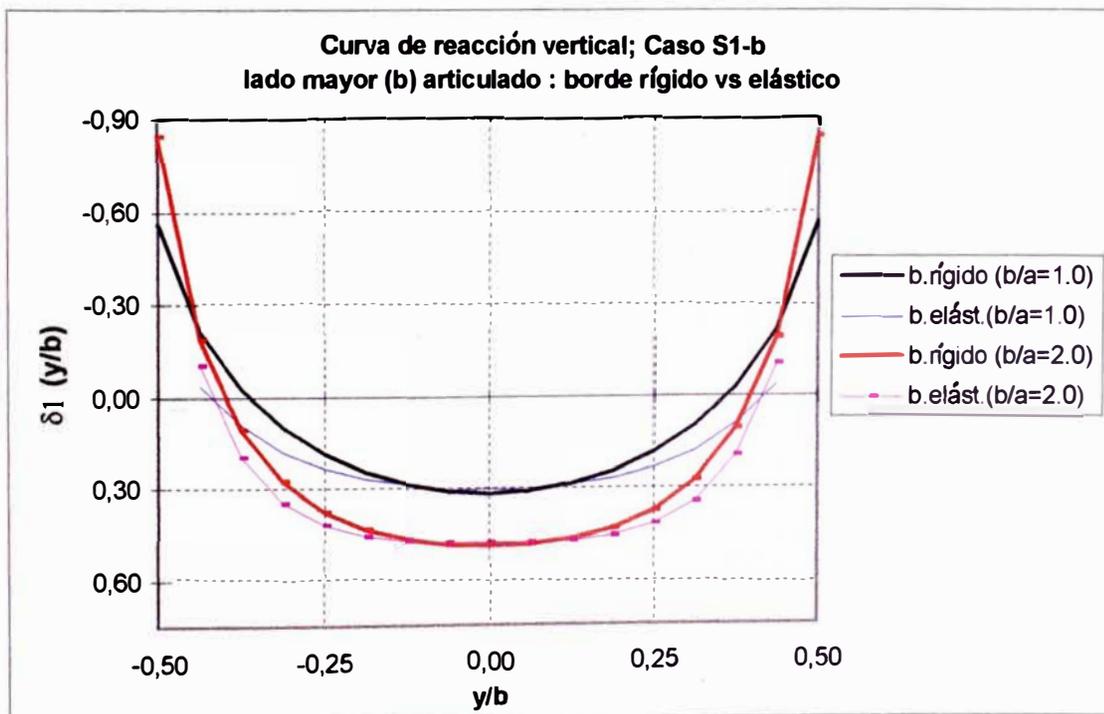


Gráfico 2.14. : Variación de la reacción vertical en el lado mayor (b) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

Tabla 2.13. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado menor (a) empotrado

x/a	b. rígido ($b/a=1.0$)	b. elástico ($b/a=1.0$)	b. rígido ($b/a=2.0$)	b. elástico ($b/a=2.0$)
0.000	0.000		0.000	
0.063	0.220	0.209	0.260	0.262
0.125	0.331	0.236	0.410	0.267
0.188	0.402	0.276	0.516	0.329
0.250	0.450	0.302	0.595	0.382
0.313	0.482	0.324	0.652	0.431
0.375	0.502	0.333	0.691	0.467
0.438	0.513	0.347	0.713	0.489
0.500	0.517	0.347	0.721	0.498
0.563	0.513	0.347	0.713	0.489
0.625	0.520	0.333	0.691	0.467
0.688	0.482	0.324	0.652	0.431
0.750	0.450	0.302	0.595	0.382
0.813	0.402	0.276	0.516	0.329
0.875	0.331	0.236	0.410	0.267
0.938	0.220	0.209	0.260	0.262
1.000	0.000		0.000	

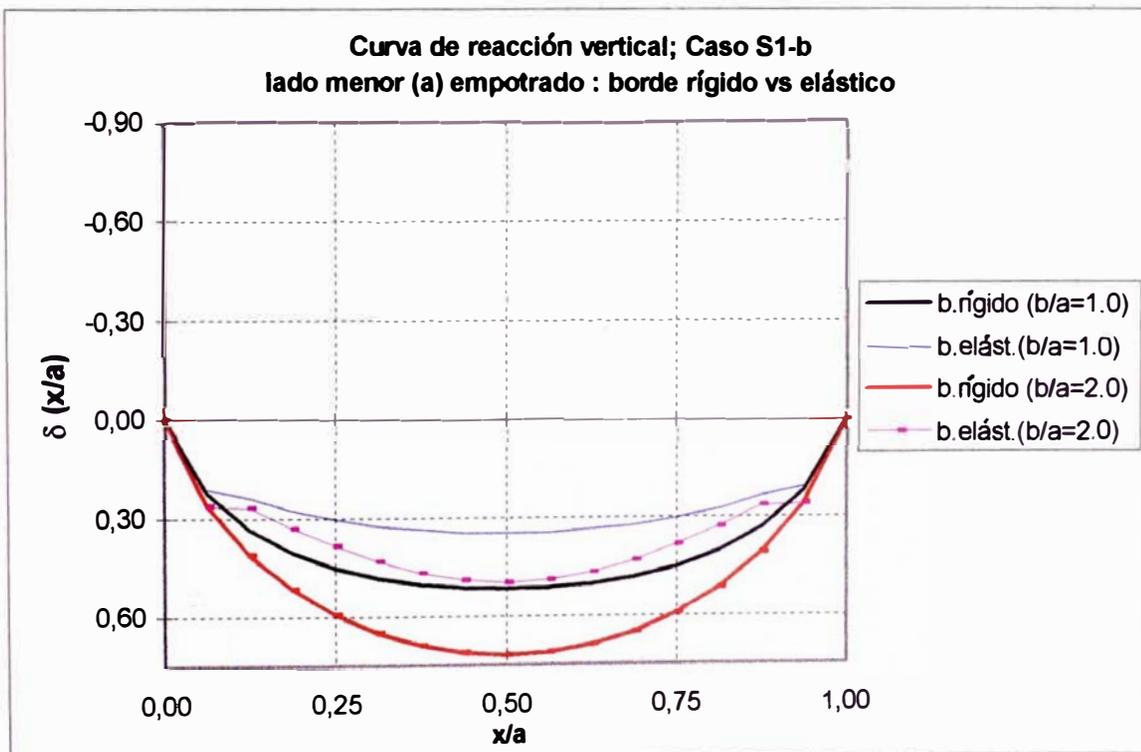


Gráfico 2.15. : Variación de la reacción vertical en el lado menor (a) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

EVALUACIÓN CON BORDES ELÁSTICOS DEL CASO P1-a :

Losa rectangular con carga concentrada en el centro de la losa, y simplemente apoyadas en los 4 bordes.

Tabla 2.14. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado mayor (b) simplemente apoyado (articulado)

y/b	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
-0.500	0.000		0.000	
-0.438	0.096	0.000	0.020	-0.200
-0.375	0.195	0.048	0.048	-0.088
-0.313	0.299	0.144	0.094	-0.016
-0.250	0.405	0.256	0.169	0.080
-0.188	0.509	0.368	0.289	0.232
-0.125	0.599	0.464	0.455	0.472
-0.063	0.661	0.544	0.626	0.704
0.000	0.682	0.544	0.702	0.816
0.063	0.661	0.544	0.626	0.704
0.125	0.599	0.464	0.455	0.472
0.188	0.509	0.368	0.289	0.232
0.250	0.405	0.256	0.169	0.080
0.313	0.299	0.144	0.094	-0.016
0.375	0.195	0.048	0.048	-0.088
0.438	0.096	0.000	0.020	-0.200
0.500	0.000		0.000	

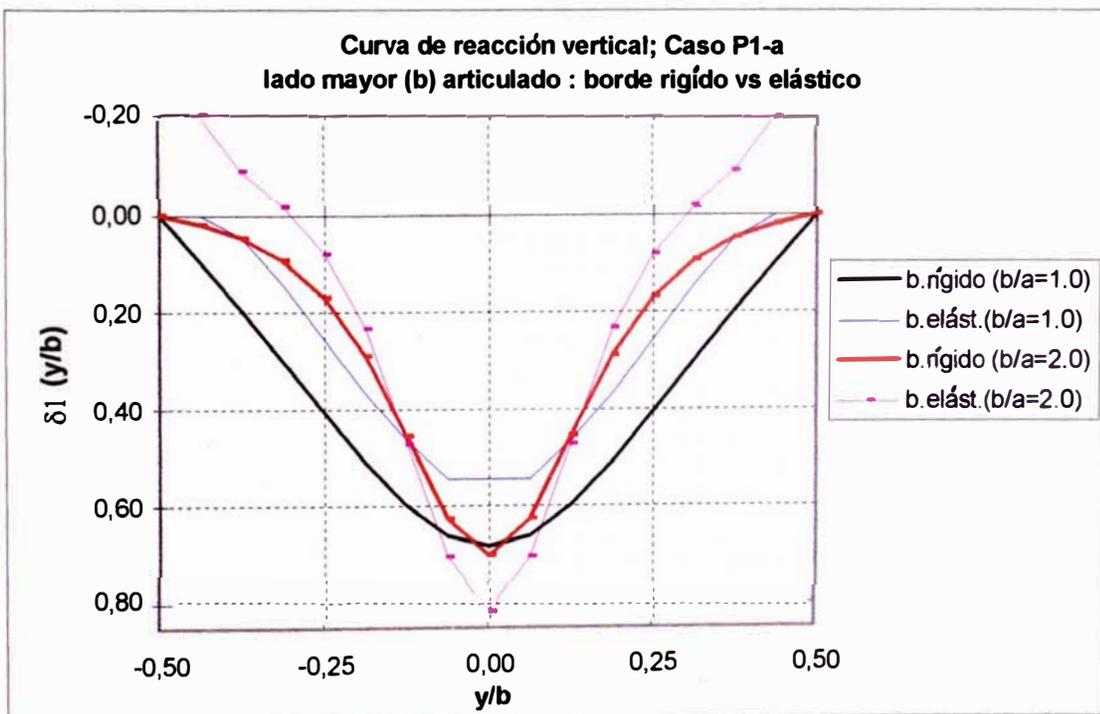


Gráfico 2.16. : Variación de la reacción vertical en el lado mayor (b) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

Tabla 2.15. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado menor (a) simplemente apoyado (articulado)

x/a	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
0.000	0.000		0.000	
0.063	0.096	0.000	0.037	0.192
0.125	0.195	0.048	0.074	0.128
0.188	0.299	0.144	0.107	0.096
0.250	0.405	0.256	0.137	0.112
0.313	0.509	0.368	0.161	0.112
0.375	0.599	0.464	0.180	0.112
0.438	0.661	0.544	0.191	0.144
0.500	0.683	0.544	0.195	0.128
0.563	0.661	0.544	0.191	0.144
0.625	0.599	0.464	0.180	0.112
0.688	0.509	0.368	0.161	0.112
0.750	0.405	0.256	0.137	0.112
0.813	0.299	0.144	0.107	0.096
0.875	0.195	0.048	0.074	0.128
0.938	0.096	0.000	0.037	0.192
1.000	0.000		0.000	

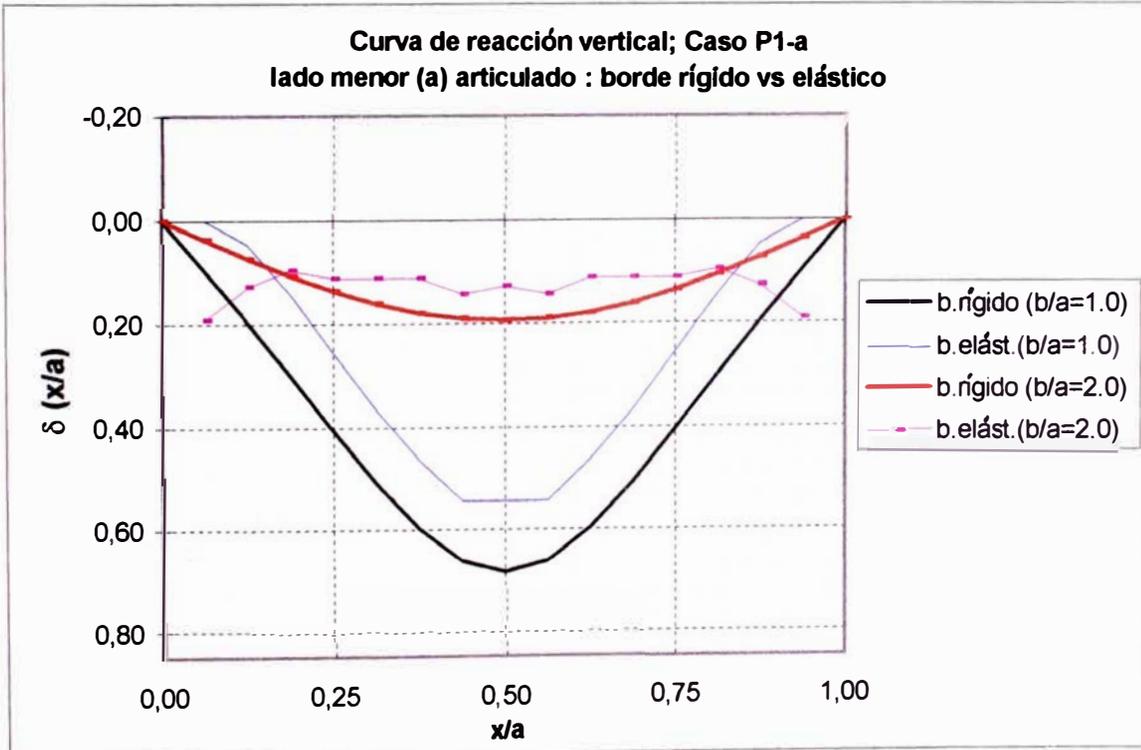


Gráfico 2.17. : Variación de la reacción vertical en el lado menor (a) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

2.3.5. Evaluación de otros Casos de losas con bordes elásticamente apoyados, empleando el método de elementos finitos.

Cualquier problema con otras condiciones de carga y de bordes a los abordados en el Item 2.2, pueden ser desarrollados con este método; por ello se ha va completar los casos o problemas desarrollados en el Item 2.2

Para tener una apreciación mas amplia para problemas con condiciones de carga y de bordes diferentes, se va ha completar los casos para tener 3 condiciones de carga y para cada uno de ellos 3 condiciones de borde.

3 condiciones de carga :

- S1, Carga superficial uniformemente repartida
- P1, Carga concentrada en el centro de la losa
- I1, Carga Lineal en el centro que va desde el punto medio de un borde al punto medio del borde opuesto (paralelo a dos bordes).

3 condiciones de borde

- Simplemente apoyado (articulado) en los 4 bordes
- Simplemente apoyado (articulado) en dos bordes opuestos y empotrado en los otros dos
- Empotrado en los 4 bordes

Se presentan los archivos de data para la corrida en el programa SAP90, para la condición de $b/a = 1.0$, de igual manera se crearon los archivos para la condición de $b/a = 2.0$

Se trabaja con una losa de 6.0 x 6.0 m., pero se trata los resultados con el fin de obtener los valores de reacción vertical en términos de coeficientes.

CASO S1-c : Placa rectangular bajo carga uniforme q, y empotrado en los 4 bordes

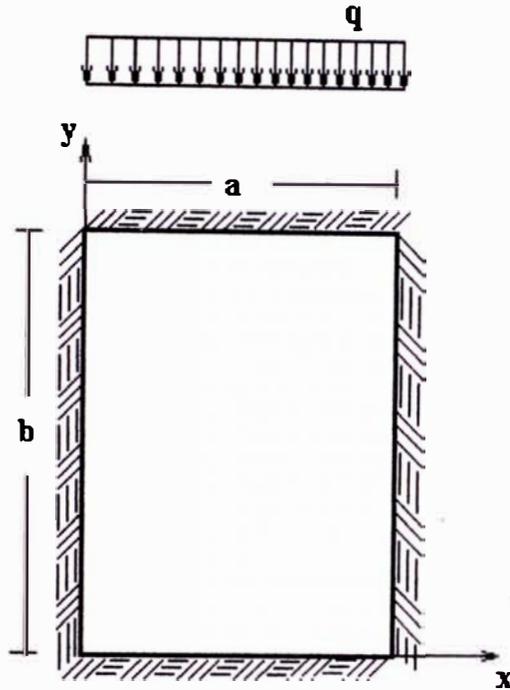


Fig. 2.11. : Losa rectangular con 4 bordes empotrados

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes rígidos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C CUATRO BORDES EMPOTRADOS

SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.0	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1
1	17	1	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 1
273	289	1	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 3
18	256	17	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 4
34	272	17	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 2

POTENTIAL

1	289	1	P=1,1
---	-----	---	-------

SHELL

NM=1 P=-1
 1 E=0.2174E7 U=0.2
 1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.20,.20 G=16,16

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes elásticos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
 C CUATRO BORDES EMPOTRADOS
 SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.0	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1 289 1	R=1,1,0,0,0,1	
1 17 1	R=1,1,0,1,0,1	: BORDE 1
273 289 1	R=1,1,0,1,0,1	: BORDE 3
18 256 17	R=1,1,0,0,1,1	: BORDE 4
34 272 17	R=1,1,0,0,1,1	: BORDE 2
1	R=1,1,1,1,1,1	
17	R=1,1,1,1,1,1	
273	R=1,1,1,1,1,1	
289	R=1,1,1,1,1,1	

FRAME

NM=1

1 D=.5 B=0.25 E=0.2174E7	
1,1,2	M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1
17,273,274	M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1
33,1,18	M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17
49,17,34	M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

POTENTIAL

1 289 1	P=1,1
---------	-------

SHELL

NM=1 P=-1

1 E=0.2174E7 U=0.2	
1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.15,.15 G=16,16	

Tabla 2.16. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado mayor (b) empotrado

y/b	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
-0.500	-0.026		0.000	
-0.438	-0.013	0.080	0.083	0.060
-0.375	0.094	0.151	0.277	0.267
-0.313	0.208	0.218	0.404	0.384
-0.250	0.298	0.262	0.469	0.444
-0.188	0.364	0.293	0.499	0.471
-0.125	0.408	0.316	0.512	0.480
-0.063	0.433	0.329	0.516	0.487
0.000	0.441	0.329	0.517	0.484
0.063	0.433	0.329	0.516	0.487
0.125	0.408	0.316	0.512	0.480
0.188	0.364	0.293	0.499	0.471
0.250	0.298	0.262	0.469	0.444
0.313	0.208	0.218	0.404	0.384
0.375	0.094	0.151	0.277	0.267
0.438	-0.013	0.080	0.083	0.060
0.500	-0.026		0.000	

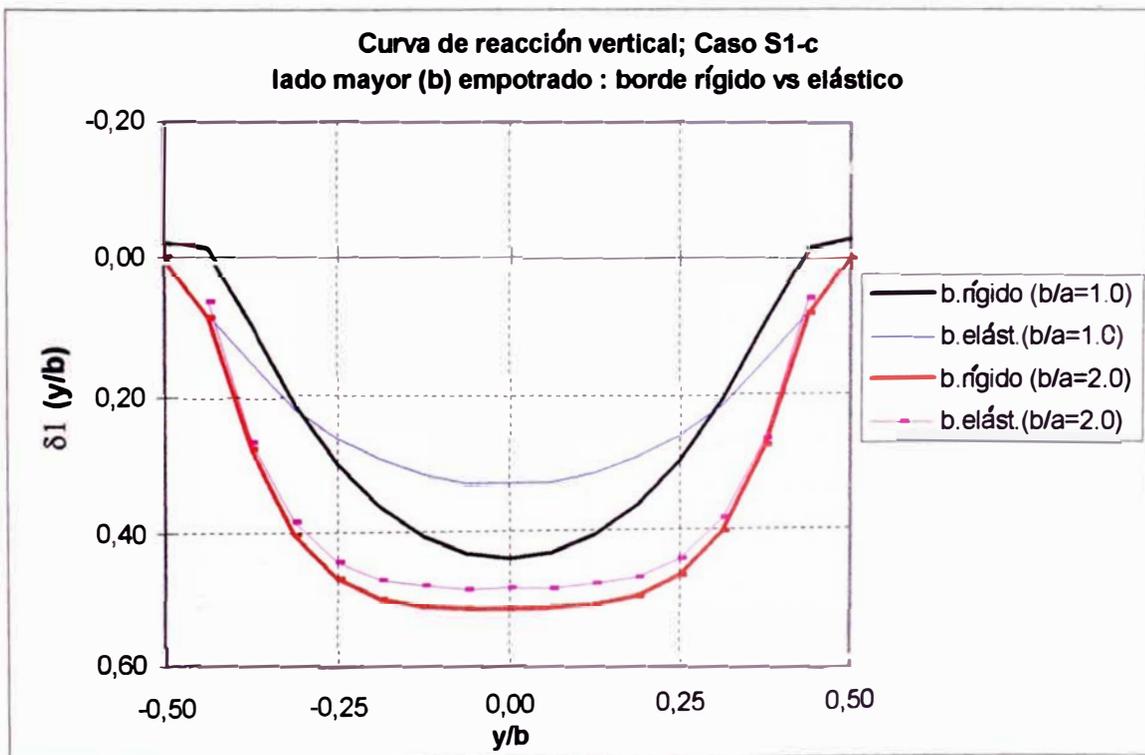


Gráfico 2.18. : Variación de la reacción vertical en el lado mayor (b) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

Tabla 2.17. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado menor (a) empotrado

x/a	b. rígido ($b/a=1.0$)	b. elástico ($b/a=1.0$)	b. rígido ($b/a=2.0$)	b. elástico ($b/a=2.0$)
0.000	-0.026		-0.050	
0.063	-0.013	0.080	-0.033	0.053
0.125	0.094	0.151	0.078	0.120
0.188	0.208	0.218	0.193	0.209
0.250	0.298	0.262	0.290	0.293
0.313	0.364	0.293	0.365	0.351
0.375	0.408	0.316	0.418	0.396
0.438	0.433	0.329	0.448	0.422
0.500	0.441	0.329	0.459	0.427
0.563	0.433	0.329	0.448	0.422
0.625	0.408	0.316	0.418	0.396
0.688	0.364	0.293	0.365	0.351
0.750	0.298	0.262	0.290	0.293
0.813	0.208	0.218	0.193	0.209
0.875	0.094	0.151	0.078	0.120
0.938	-0.013	0.080	-0.033	0.053
1.000	-0.026		-0.050	

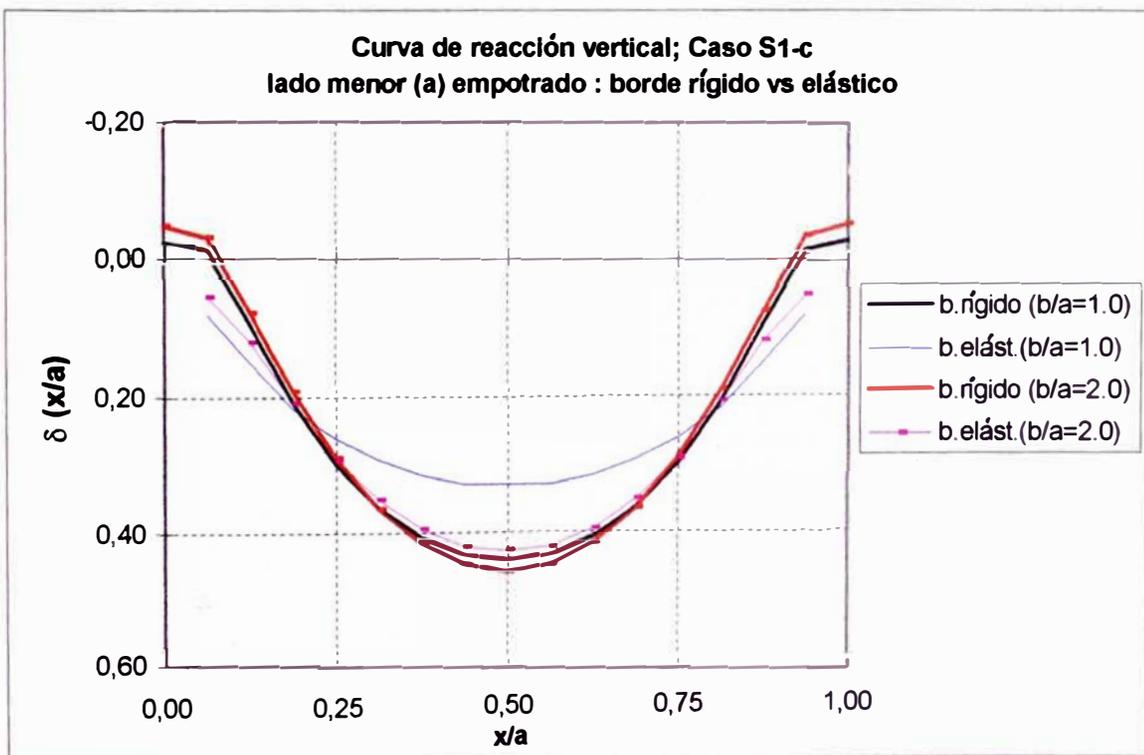


Gráfico 2.19. : Variación de la reacción vertical en el lado menor (a) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

CASO P1-b : Placa rectangular bajo una carga concentrada P en el centro de la losa y simplemente apoyado (articulado) en 2 bordes opuestos y empotrado en los otros dos.

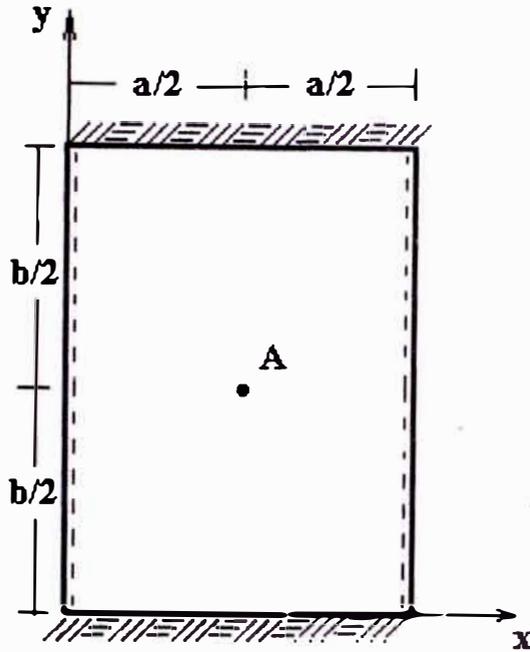


Fig. 2.12. : Losa rectangular con 2 bordes opuestos empotrados y 2 bordes simplemente apoyados.

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes rígidos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C BORDE 2,4 SIMPLEMENTE APOYADO Y BORDES 1,3 EMPOTRADOS
SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.0	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.	Z=0	
289	X=6.	Y=6.	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1
1	17	1	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 1
273	289	1	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 3
18	256	17	R=1,1,1,1,0,1 : BORDE 4
34	272	17	R=1,1,1,1,0,1 : BORDE 2

SHELL
 NM=1
 1 E=0.2174E7 U=0.2
 1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.20,.20 G=16,16

LOADS
 145 L=1 F=0,0,-1,0,0,0 : CARGA PUNTUAL EN EL CENTRO DE LA LOSA

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes elásticos y b/a = 1.0

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
 C BORDE 2,4 SIMPLEMENTE APOYADO Y BORDES 1,3 EMPOTRADOS
 SYSTEM

L=1
 JOINTS
 1 X=0 Y=0 Z=0
 17 X=6.0 Y=0 Z=0
 273 X=0 Y=6. Z=0
 289 X=6. Y=6. Z=0 Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS
 1 289 1 R=1,1,0,0,0,1
 1 17 1 R=1,1,0,1,0,1 : BORDE 1
 273 289 1 R=1,1,0,1,0,1 : BORDE 3
 18 256 17 R=1,1,0,0,0,1 : BORDE 4
 34 272 17 R=1,1,0,0,0,1 : BORDE 2
 1 R=1,1,1,1,0,1
 17 R=1,1,1,1,0,1
 273 R=1,1,1,1,0,1
 289 R=1,1,1,1,0,1

FRAME
 NM=1
 1 D=0.50 B=0.25 E=0.2174E7
 1,1,2 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1
 17,273,274 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1
 33,1,18 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17
 49,17,34 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

SHELL
 NM=1
 1 E=0.2174E7 U=0.2
 1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.15,.15 G=16,16

LOADS
 145 L=1 F=0,0,-1,0,0,0 : CARGA PUNTUAL EN EL CENTRO DE LA LOSA

Tabla 2.18. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado mayor (b) simplemente apoyado (articulado).

y/b	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
-0.500	-0.646		-0.389	
-0.438	-0.544	-0.320	-0.278	-0.256
-0.375	-0.338	-0.192	-0.133	-0.112
-0.313	-0.141	-0.016	-0.014	-0.032
-0.250	0.040	0.144	0.109	0.072
-0.188	0.198	0.288	0.259	0.232
-0.125	0.323	0.400	0.439	0.472
-0.063	0.405	0.464	0.602	0.704
0.000	0.434	0.512	0.672	0.816
0.063	0.405	0.464	0.602	0.704
0.125	0.323	0.400	0.439	0.472
0.188	0.198	0.288	0.259	0.232
0.250	0.040	0.144	0.109	0.072
0.313	-0.141	-0.016	-0.014	-0.032
0.375	-0.338	-0.192	-0.133	-0.112
0.438	-0.544	-0.320	-0.278	-0.256
0.500	-0.646		-0.389	

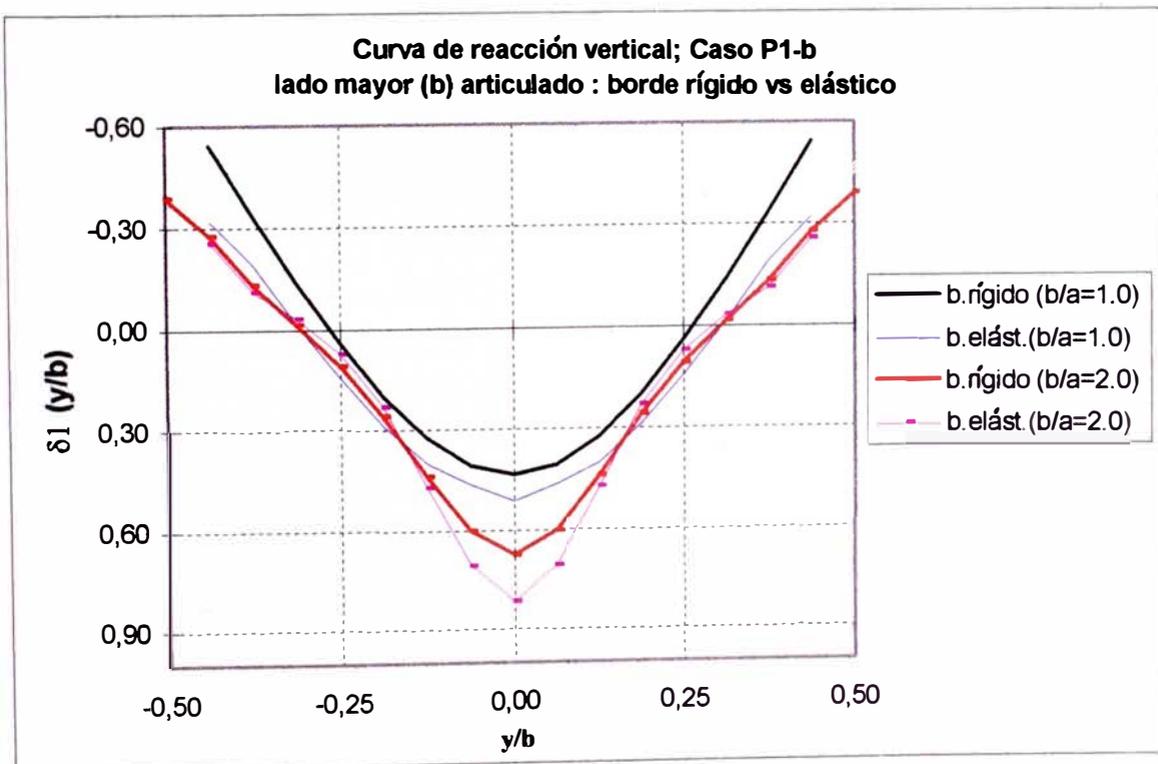


Gráfico 2.20. : Variación de la reacción vertical en el lado mayor (b) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

Tabla 2.19. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado menor (a) empotrado

x/a	b. rígido ($b/a=1.0$)	b. elástico ($b/a=1.0$)	b. rígido ($b/a=2.0$)	b. elástico ($b/a=2.0$)
0.000	0.000		0.000	
0.063	0.117	0.224	0.067	0.272
0.125	0.243	0.160	0.131	0.160
0.188	0.382	0.208	0.190	0.128
0.250	0.533	0.320	0.243	0.112
0.313	0.683	0.432	0.286	0.128
0.375	0.818	0.528	0.318	0.144
0.438	0.910	0.624	0.338	0.144
0.500	0.946	0.640	0.346	0.160
0.563	0.910	0.624	0.338	0.144
0.625	0.818	0.528	0.318	0.144
0.688	0.683	0.432	0.286	0.128
0.750	0.533	0.320	0.243	0.112
0.813	0.382	0.208	0.190	0.128
0.875	0.243	0.160	0.131	0.160
0.938	0.117	0.224	0.067	0.272
1.000	0.000		0.000	

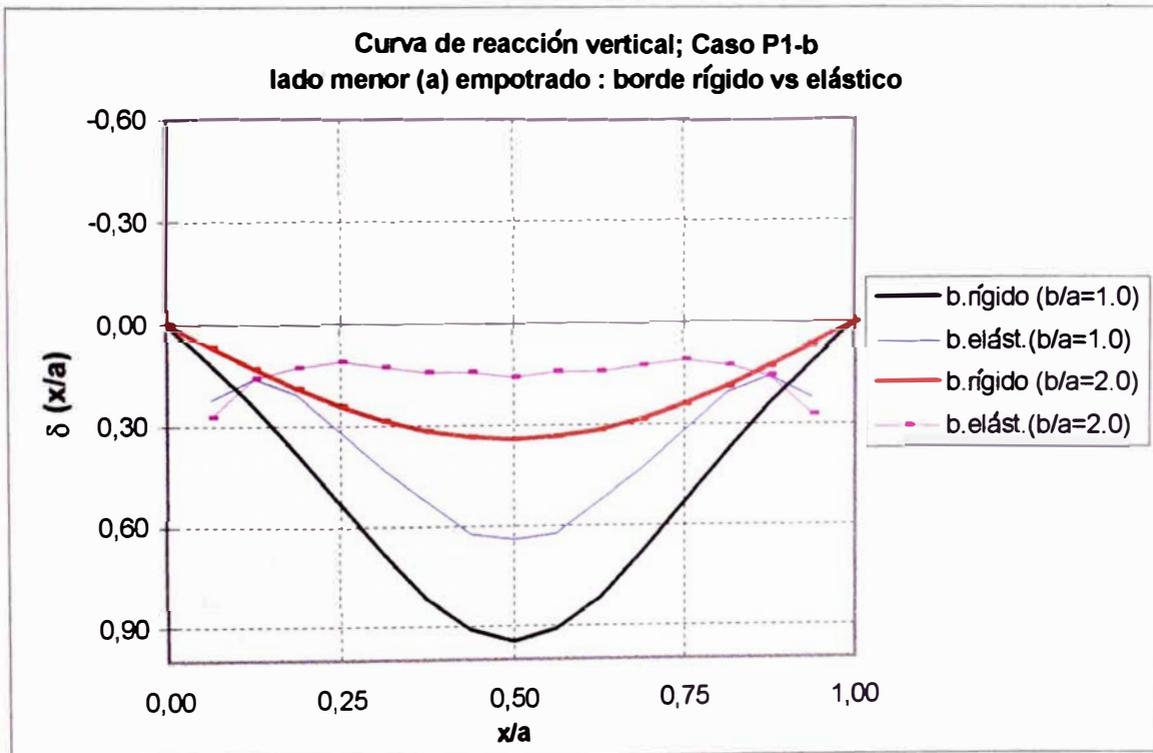


Gráfico 2.21. : Variación de la reacción vertical en el lado menor (a) para la condición de todos los bordes rígidos o elásticos.

CASO P1-c : **Losa rectangular bajo una carga concentrada P en el centro de la losa y empotrado en los 4 bordes.**

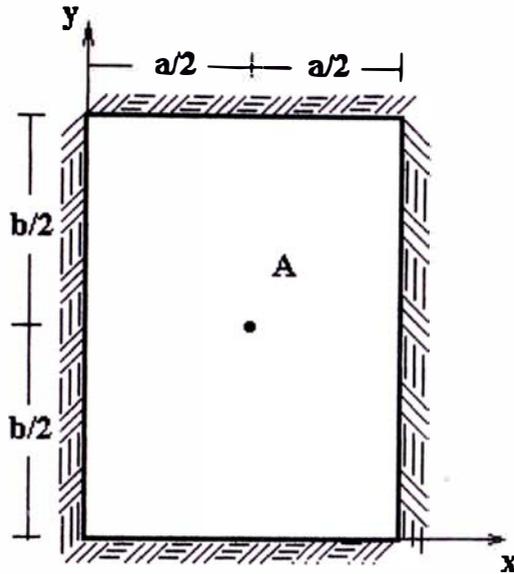


Fig. 2.13. : Losa rectangular con 4 bordes empotrados

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes rígidos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C CUATRO BORDES EMPOTRADOS

SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.00	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1
1	17	1	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 1
273	289	1	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 3
18	256	17	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 4
34	272	17	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 2

SHELL

NM=1

1 E=0.2174E7 U=0.2

1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.20,20 G=16,16

LOADS

145 L=1 F=0,0,-1,0,0,0 : CARGA PUNTUAL EN EL CENTRO DE LA LOSA

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes elásticos y b/a = 1.0

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C CUATRO BORDES EMPOTRADOS

SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.00	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.00	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.00	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1 289 1	R=1,1,0,0,0,1	
1 17 1	R=1,1,0,1,0,1	: BORDE 1
273 289 1	R=1,1,0,1,0,1	: BORDE 3
18 256 17	R=1,1,0,0,1,1	: BORDE 4
34 272 17	R=1,1,0,0,1,1	: BORDE 2
1	R=1,1,1,1,1,1	
17	R=1,1,1,1,1,1	
273	R=1,1,1,1,1,1	
289	R=1,1,1,1,1,1	

FRAME

NM=1

1 D=0.5 B=0.25 E=0.2174E7		
1,1,2	M=1 LP=2,0	G=15,1,1,1
17,273,274	M=1 LP=2,0	G=15,1,1,1
33,1,18	M=1 LP=3,0	G=15,1,17,17
49,17,34	M=1 LP=3,0	G=15,1,17,17

SHELL

NM=1

1 E=0.2174E7 U=0.2
1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.15,15 G=16,16

LOADS

145 L=1 F=0,0,-10,0,0,0 : CARGA PUNTUAL EN EL CENTRO DE LA LOSA

Tabla 2.20. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado mayor (b) empotrado.

y/b	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
-0.500	-0.061		-0.009	
-0.438	-0.186	-0.064	-0.042	-0.072
-0.375	-0.166	-0.064	-0.039	-0.040
-0.313	0.003	0.064	0.002	0.000
-0.250	0.218	0.192	0.091	0.080
-0.188	0.430	0.352	0.261	0.248
-0.125	0.611	0.480	0.514	0.480
-0.063	0.733	0.560	0.772	0.736
0.000	0.776	0.608	0.886	0.832
0.063	0.733	0.560	0.772	0.736
0.125	0.611	0.480	0.514	0.480
0.188	0.430	0.352	0.261	0.248
0.250	0.218	0.192	0.091	0.080
0.313	0.003	0.064	0.002	0.000
0.375	-0.166	-0.064	-0.039	-0.040
0.438	-0.186	-0.064	-0.042	-0.072
0.500	-0.061		-0.009	

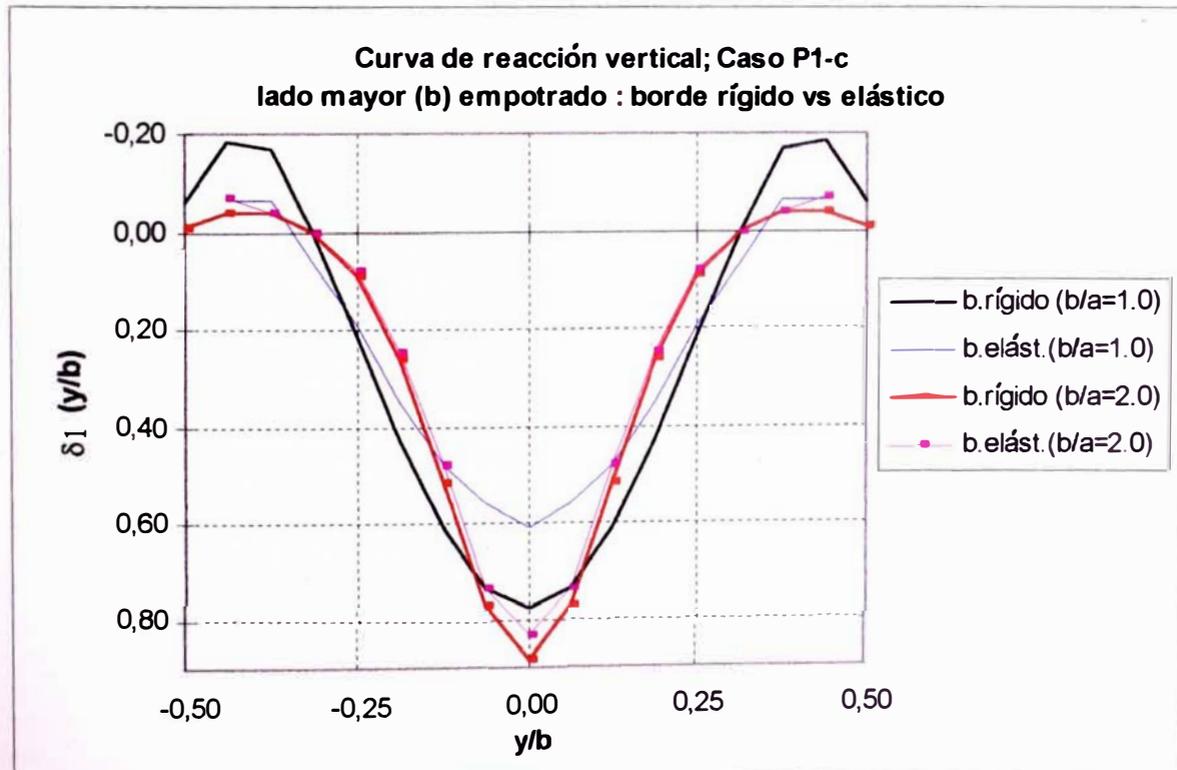


Gráfico 2.22. : Variación de la reacción vertical en el lado mayor (b) para la condición de 4 bordes rígidos y 4 bordes elásticos.

Tabla 2.21. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado menor (a) empotrado

x/a	b. rígido ($b/a=1.0$)	b. elástico ($b/a=1.0$)	b. rígido ($b/a=2.0$)	b. elástico ($b/a=2.0$)
0.000	-0.061		-0.017	
0.063	-0.186	-0.064	-0.024	0.048
0.125	-0.166	-0.064	-0.039	0.000
0.188	0.003	0.064	-0.031	0.000
0.250	0.218	0.192	-0.011	0.016
0.313	0.430	0.352	0.012	0.032
0.375	0.611	0.480	0.033	0.048
0.438	0.733	0.560	0.047	0.064
0.500	0.776	0.608	0.052	0.064
0.563	0.733	0.560	0.047	0.064
0.625	0.611	0.480	0.033	0.048
0.688	0.430	0.352	0.012	0.032
0.750	0.218	0.192	-0.011	0.016
0.813	0.003	0.064	-0.031	0.000
0.875	-0.166	-0.064	-0.039	0.000
0.938	-0.186	-0.064	-0.024	0.048
1.000	-0.061		-0.017	

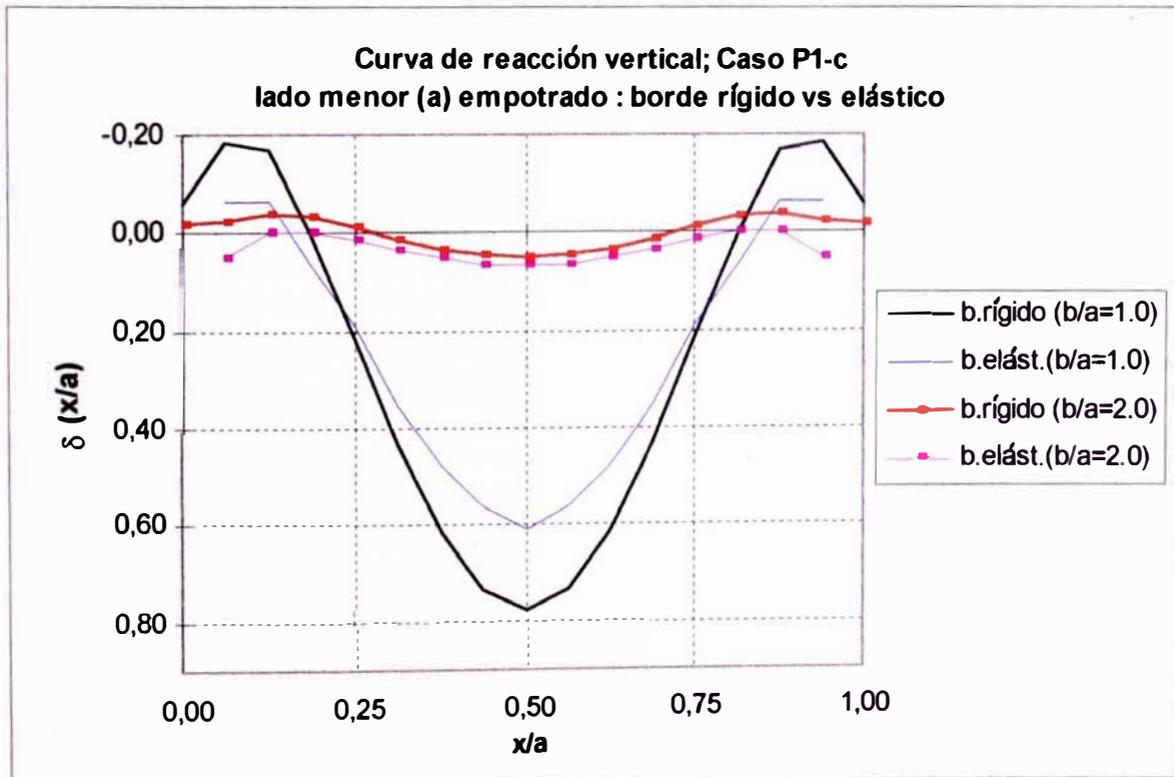


Gráfico 2.23. : Variación de la reacción vertical en el lado menor (a) para la condición de 4 bordes rígidos y 4 bordes elásticos.

CASO II-a : Placa rectangular bajo una carga lineal q que va desde el punto medio de un borde al punto medio del borde opuesto (y paralelo a los otros dos bordes) y es simplemente apoyada (articulado) en los 4 bordes.

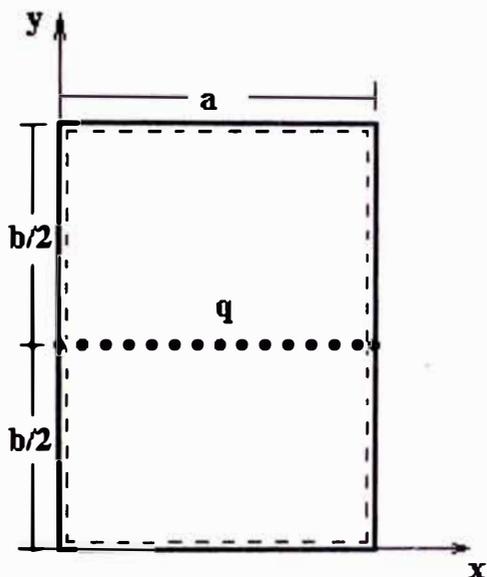


Fig. 2.14. : Losa rectangular con 4 bordes simplemente apoyados (articulados)

NOTA : Para obtener los valores de reacción vertical en los bordes de la losa como carga distribuida para cargas lineales, se obtiene de la siguiente manera :

$$V = \delta \cdot q$$

Donde : δ = Coeficientes dados en tablas.
 q = Carga externa lineal sobre la losa

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes rígidos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C BORDE 1,2,3,4 SIMPLEMENTE APOYADO
SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.0	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1
2	16	1	R=1,1,1,0,1,1 : BORDE 1
274	288	1	R=1,1,1,0,1,1 : BORDE 3
18	256	17	R=1,1,1,1,0,1 : BORDE 4
34	272	17	R=1,1,1,1,0,1 : BORDE 2
1			R=1,1,1,1,1,1
17			R=1,1,1,1,1,1
273			R=1,1,1,1,1,1
289			R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=1 NL=1

1 D=0.10 B=0.10 E=0.2174E7

1 WG=0,0,-1

1,137,138 M=1 LP=2,0 NSL=1 G=15,1,1,1

SHELL

NM=1

1 E=0.2174E7 U=0.2

1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.20,.20 G=16,16

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes elásticos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C BORDE 1,2,3,4 SIMPLEMENTE APOYADO
SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.0	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1
2	16	1	R=1,1,0,0,0,1 : BORDE 1
274	288	1	R=1,1,0,0,0,1 : BORDE 3
18	256	17	R=1,1,0,0,0,1 : BORDE 4
34	272	17	R=1,1,0,0,0,1 : BORDE 2
1			R=1,1,1,0,0,1
17			R=1,1,1,0,0,1

273 R=1,1,1,0,0,1
 289 R=1,1,1,0,0,1

FRAME

NM=2 NL=1
 1 D=0.50 B=0.25 E=0.2174E7
 2 D=0.10 B=0.10 E=0.2174E7
 1 WG=0,0,-10
 1,1,2 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1
 17,273,274 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1
 33,1,18 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17
 49,17,34 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17
 65,137,138 M=2 LP=2,0 NSL=1 G=15,1,1,1

SHELL

NM=1
 1 E=0.2174E7 U=0.2
 1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.15,.15 G=16,16



Tabla 2.22. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado mayor (b) simplemente apoyado (articulado)

y/b	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
-0.500	0.000		0.000	
-0.438	0.062	-0.056	0.013	-0.132
-0.375	0.128	0.003	0.030	-0.055
-0.313	0.240	0.072	0.058	-0.016
-0.250	0.298	0.147	0.106	0.031
-0.188	0.421	0.251	0.188	0.113
-0.125	0.597	0.419	0.331	0.276
-0.063	0.957	0.776	0.663	0.697
0.000	1.575	1.536	1.298	1.544
0.063	0.957	0.776	0.663	0.697
0.125	0.597	0.419	0.331	0.276
0.188	0.421	0.251	0.188	0.113
0.250	0.298	0.147	0.106	0.031
0.313	0.240	0.072	0.058	-0.016
0.375	0.128	0.003	0.030	-0.055
0.438	0.062	-0.056	0.013	-0.132
0.500	0.000		0.000	

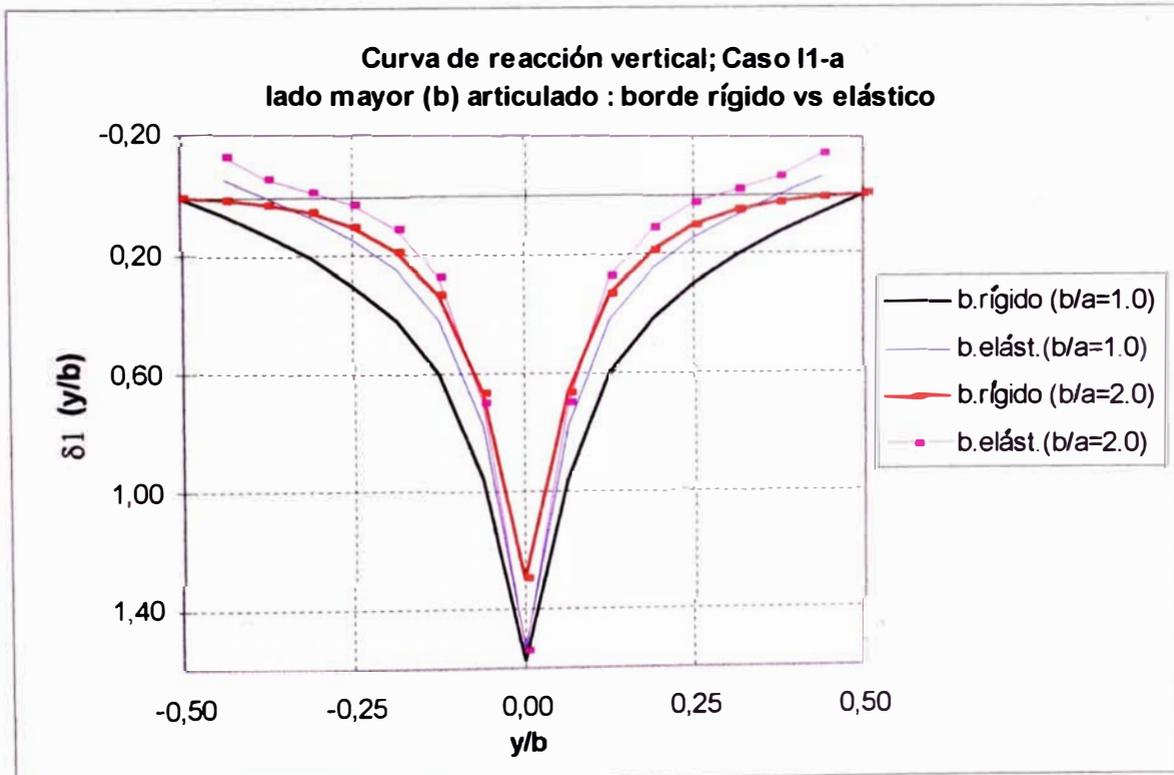


Gráfico 2.24. : Variación de la reacción vertical en el lado mayor (b) para la condición de 4 bordes rígidos y 4 bordes elásticos.

Tabla 2.23. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado menor (a) simplemente apoyado (articulado)

x/a	b. rígido ($b/a=1.0$)	b. elástico ($b/a=1.0$)	b. rígido ($b/a=2.0$)	b. elástico ($b/a=2.0$)
0.000	0.000		0.000	
0.063	0.083	0.117	0.024	0.155
0.125	0.162	0.115	0.047	0.096
0.188	0.231	0.160	0.068	0.077
0.250	0.289	0.208	0.086	0.075
0.313	0.333	0.245	0.101	0.077
0.375	0.365	0.275	0.113	0.085
0.438	0.383	0.291	0.119	0.085
0.500	0.389	0.293	0.122	0.091
0.563	0.383	0.291	0.119	0.085
0.625	0.365	0.275	0.113	0.085
0.688	0.333	0.245	0.101	0.077
0.750	0.289	0.208	0.086	0.075
0.813	0.231	0.160	0.068	0.077
0.875	0.162	0.115	0.047	0.096
0.938	0.083	0.117	0.024	0.155
1.000	0.000		0.000	

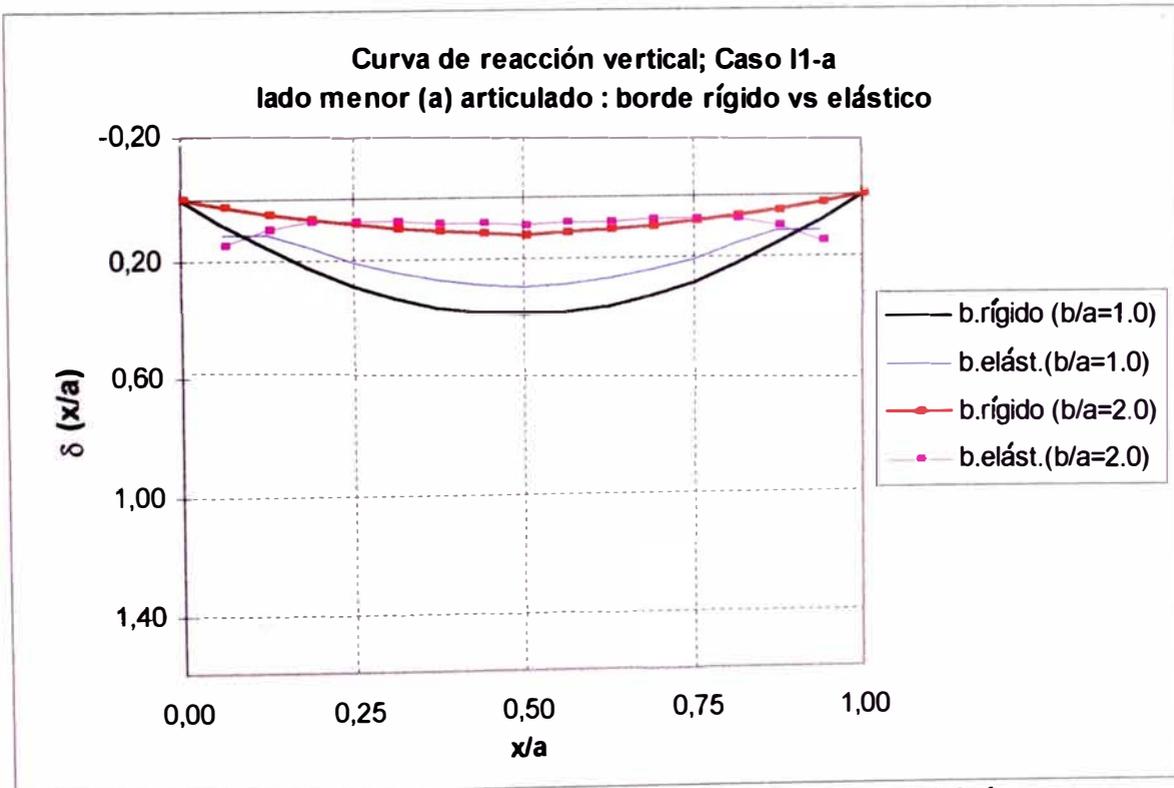


Gráfico 2.25. : Variación de la reacción vertical en el lado menor (a) para la condición de 4 bordes rígidos y 4 bordes elásticos.

CASO II-b : Placa rectangular bajo una carga lineal q que va desde el punto medio de un borde al punto medio del borde opuesto (y paralelo a los otros dos bordes) y simplemente apoyada (articulado) en dos bordes opuestos y empotrado en los otros dos.

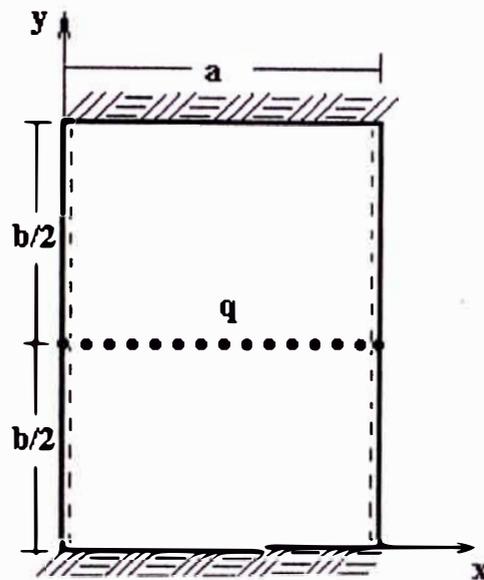


Fig. 2.15. : Losa rectangular con 4 bordes simplemente apoyados (articulados)

NOTA : Para obtener los valores de reacción vertical en los bordes de la losa como carga distribuida para cargas lineales, se obtiene de la siguiente manera :

$$V = \delta \cdot q$$

Donde : δ = Coeficientes dados en tablas.
 q = Carga externa lineal sobre la losa

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes rígidos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C BORDE 2,4 SIMPLEMENTE APOYADO Y BORDES 1,3 EMPOTRADOS
SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.0	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1	
1	17	1	R=1,1,1,1,1,1	: BORDE 1
273	289	1	R=1,1,1,1,1,1	: BORDE 3
18	256	17	R=1,1,1,1,0,1	: BORDE 4
34	272	17	R=1,1,1,1,0,1	: BORDE 2

FRAME

NM=1 NL=1

1 D=0.10 B=0.10 E=0.2174E7

1 WG=0,0,-1

1,137,138 M=1 LP=2,0 NSL=1 G=15,1,1,1

SHELL

NM=1

1 E=0.2174E7 U=0.2

1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.20,.20 G=16,16

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes elásticos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C BORDE 2,4 SIMPLEMENTE APOYADO Y BORDES 1,3 EMPOTRADOS
SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.0	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1	
1	17	1	R=1,1,0,1,0,1	: BORDE 1
273	289	1	R=1,1,0,1,0,1	: BORDE 3
18	256	17	R=1,1,0,0,0,1	: BORDE 4
34	272	17	R=1,1,0,0,0,1	: BORDE 2
1			R=1,1,1,1,0,1	
17			R=1,1,1,1,0,1	
273			R=1,1,1,1,0,1	
289			R=1,1,1,1,0,1	

FRAME

NM=2 NL=1

1 D=0.50 B=0.25 E=0.2174E7

2 D=0.10 B=0.10 E=0.2174E7

1 WG=0,0,-10

1,1,2 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1

17,273,274 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1

33,1,18 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

49,17,34 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

65,137,138 M=2 LP=2,0 NSL=1 G=15,1,1,1

SHELL

NM=1

1 E=0.2174E7 U=0.2

1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.15,.15 G=16,16

Tabla 2.24. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado mayor (b) simplemente apoyado (articulado)

y/b	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
-0.500	-0.492		-0.248	
-0.438	-0.407	-0.261	-0.177	-0.172
-0.375	-0.241	-0.131	-0.086	-0.073
-0.313	-0.090	-0.019	-0.011	-0.024
-0.250	0.058	0.085	0.065	0.027
-0.188	0.221	0.205	0.164	0.112
-0.125	0.424	0.384	0.317	0.275
-0.063	0.798	0.744	0.653	0.697
0.000	1.419	1.509	1.290	1.544
0.063	0.798	0.744	0.653	0.697
0.125	0.424	0.384	0.317	0.275
0.188	0.221	0.205	0.164	0.112
0.250	0.058	0.085	0.065	0.027
0.313	-0.090	-0.019	-0.011	-0.024
0.375	-0.241	-0.131	-0.086	-0.073
0.438	-0.407	-0.261	-0.177	-0.172
0.500	-0.492		-0.248	

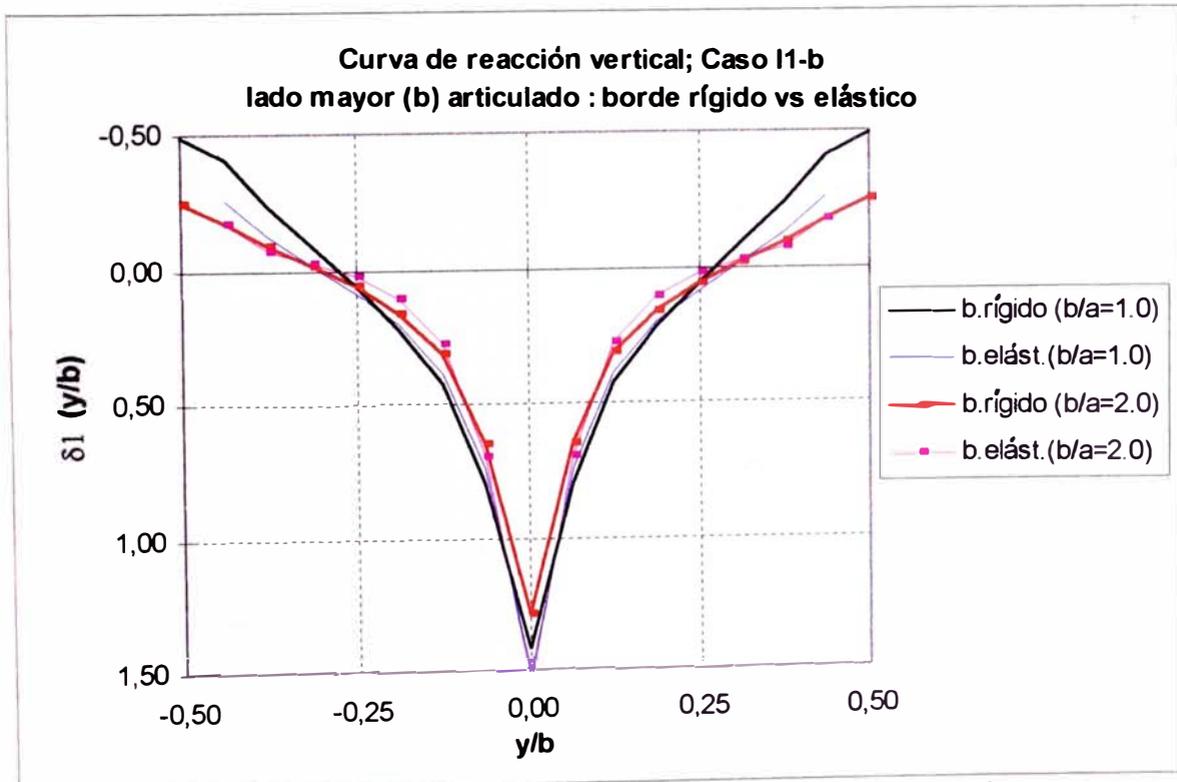


Gráfico 2.26. : Variación de la reacción vertical en el lado mayor (b) para la condición de 4 bordes rígidos y 4 bordes elásticos.

Tabla 2.25. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado menor (a) empotrado.

x/a	b. rígido ($b/a=1.0$)	b. elástico ($b/a=1.0$)	b. rígido ($b/a=2.0$)	b. elástico ($b/a=2.0$)
0.000	0.000		0.000	
0.063	0.117	0.272	0.043	0.195
0.125	0.225	0.192	0.084	0.123
0.188	0.319	0.208	0.122	0.096
0.250	0.395	0.245	0.155	0.088
0.313	0.452	0.283	0.182	0.088
0.375	0.491	0.309	0.202	0.096
0.438	0.514	0.328	0.215	0.096
0.500	0.521	0.336	0.219	0.101
0.563	0.514	0.328	0.215	0.096
0.625	0.491	0.309	0.202	0.096
0.688	0.452	0.283	0.182	0.088
0.750	0.395	0.245	0.155	0.088
0.813	0.319	0.208	0.122	0.096
0.875	0.225	0.192	0.084	0.123
0.938	0.117	0.272	0.043	0.195
1.000	0.000		0.000	

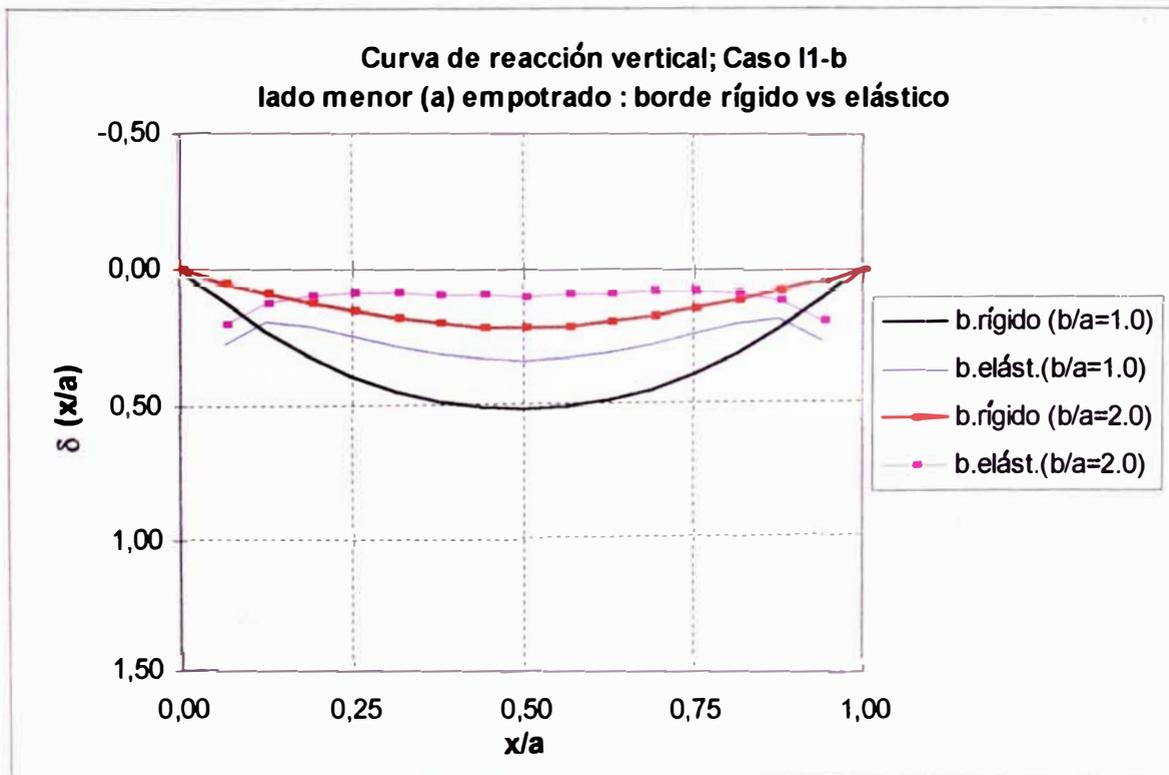


Gráfico 2.27. : Variación de la reacción vertical en el lado menor (a) para la condición de 4 bordes rígidos y 4 bordes elásticos.

CASO II-c : Placa rectangular bajo q que va desde el punto medio de un borde al punto medio del borde opuesto (y paralelo a los otros dos bordes), y empotrado en los 4 bordes.

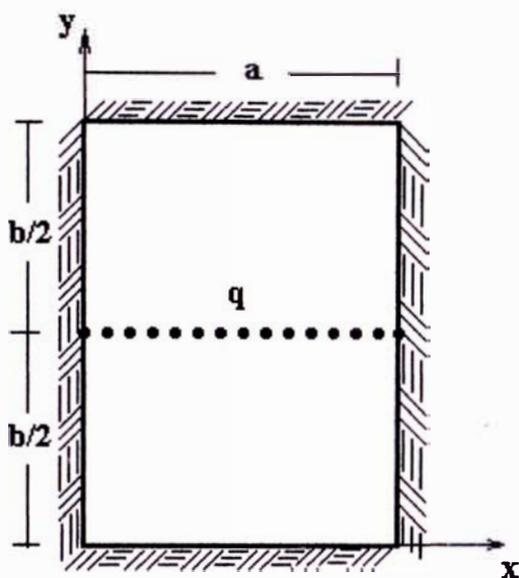


Fig. 2.16. : Losa rectangular con 4 bordes empotrados

NOTA : Para obtener los valores de reacción vertical en los bordes de la losa como carga distribuida para cargas lineales, se obtiene de la siguiente manera :

$$V = \delta \cdot q$$

Donde : δ = Coeficientes dados en tablas.
 q = Carga externa lineal sobre la losa

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes rígidos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C CUATRO BORDES EMPOTRADOS

SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.0	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1
1	17	1	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 1
273	289	1	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 3
18	256	17	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 4
34	272	17	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 2

FRAME

NM=1 NL=1

1 D=0.10 B=0.10 E=0.2174E7

1 WG=0,0,-1

1,137,138 M=1 LP=2,0 NSL=1 G=15,1,1,1

SHELL

NM=1

1 E=0.2174E7 U=0.2

1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.20,.20 G=16,16

data para el programa SAP90 : Condición de 4 bordes elásticos y $b/a = 1.0$

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES - ANALISIS CARGA DE MUROS
C CUATRO BORDES EMPOTRADOS

SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.0	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.0	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1
1	17	1	R=1,1,0,1,0,1 : BORDE 1
273	289	1	R=1,1,0,1,0,1 : BORDE 3
18	256	17	R=1,1,0,0,1,1 : BORDE 4
34	272	17	R=1,1,0,0,1,1 : BORDE 2
1			R=1,1,1,1,1,1
17			R=1,1,1,1,1,1
273			R=1,1,1,1,1,1
289			R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=2 NL=1

1 D=0.5 B=0.25 E=0.2174E7

2 D=0.10 B=0.10 E=0.2174E7

1 WG=0,0,-10

1,1,2 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1

17,273,274 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1

33,1,18 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

49,17,34 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

65,137,138 M=2 LP=2,0 NSL=1 G=15,1,1,1

SHELL

NM=1

1 E=0.2174E7 U=0.2

1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.15,.15 G=16,16

Tabla 2.26. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado mayor (b) empotrado.

y/b	b. rígido (b/a=1.0)	b. elástico (b/a=1.0)	b. rígido (b/a=2.0)	b. elástico (b/a=2.0)
-0.500	-0.038		-0.004	
-0.438	-0.112	-0.069	-0.021	-0.053
-0.375	-0.101	-0.035	-0.021	-0.024
-0.313	0.001	0.029	-0.003	-0.005
-0.250	0.147	0.120	0.038	0.033
-0.188	0.337	0.240	0.125	0.115
-0.125	0.608	0.437	0.302	0.280
-0.063	1.101	0.824	0.759	0.716
0.000	2.015	1.632	1.654	1.573
0.063	1.101	0.824	0.759	0.716
0.125	0.608	0.437	0.302	0.280
0.188	0.337	0.240	0.125	0.115
0.250	0.147	0.120	0.038	0.033
0.313	0.001	0.029	-0.003	-0.005
0.375	-0.101	-0.035	-0.021	-0.024
0.438	-0.112	-0.069	-0.021	-0.053
0.500	-0.038		-0.004	

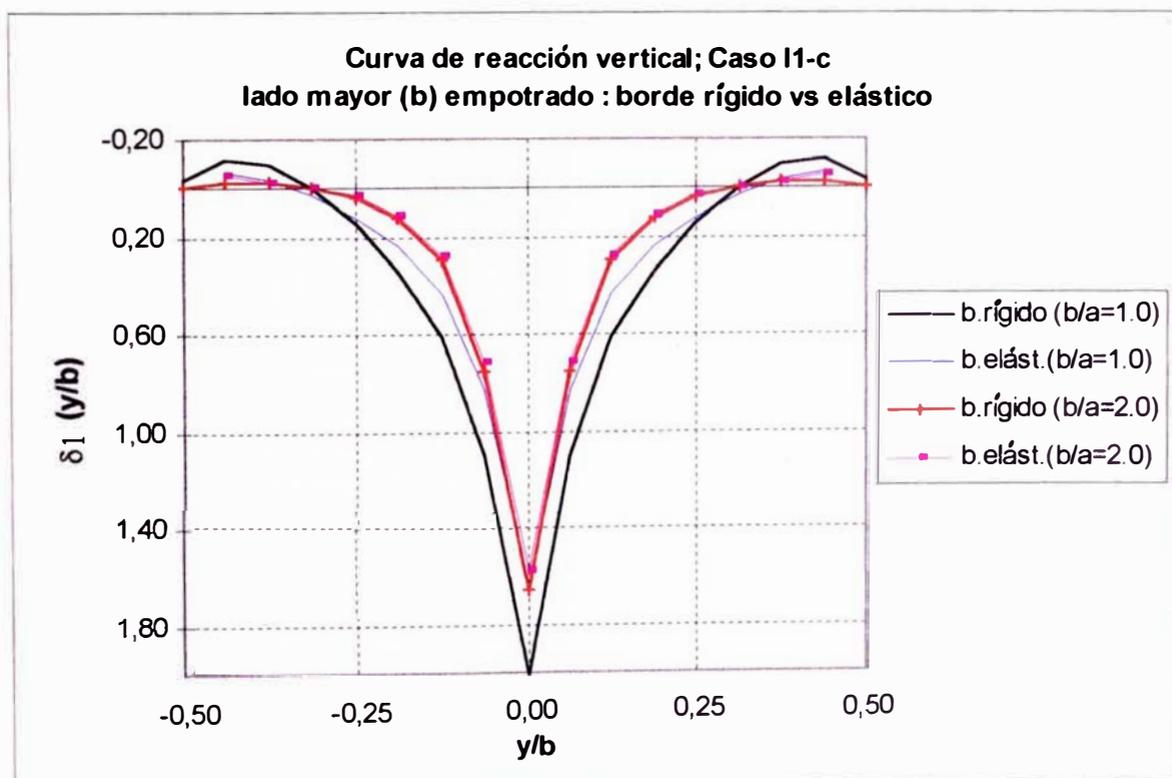


Gráfico 2.28. : Variación de la reacción vertical en el lado mayor (b) para la condición de 4 bordes rígidos y 4 bordes elásticos.

Tabla 2.27. : Forma de la curva de reacción vertical, en el lado menor (a) empotrado.

x/a	b. rígido ($b/a=1.0$)	b. elástico ($b/a=1.0$)	b. rígido ($b/a=2.0$)	b. elástico ($b/a=2.0$)
0.000	-0.038		-0.008	
0.063	-0.109	0.064	-0.012	0.053
0.125	-0.089	0.040	-0.020	0.021
0.188	0.016	0.096	-0.016	0.013
0.250	0.135	0.160	-0.007	0.019
0.313	0.237	0.221	0.005	0.027
0.375	0.313	0.259	0.015	0.035
0.438	0.359	0.288	0.022	0.043
0.500	0.374	0.293	0.025	0.043
0.563	0.359	0.288	0.022	0.043
0.625	0.313	0.259	0.015	0.035
0.688	0.237	0.221	0.005	0.027
0.750	0.135	0.160	-0.007	0.019
0.813	0.016	0.096	-0.016	0.013
0.875	-0.089	0.040	-0.020	0.021
0.938	-0.109	0.064	-0.012	0.053
1.000	-0.038		-0.008	

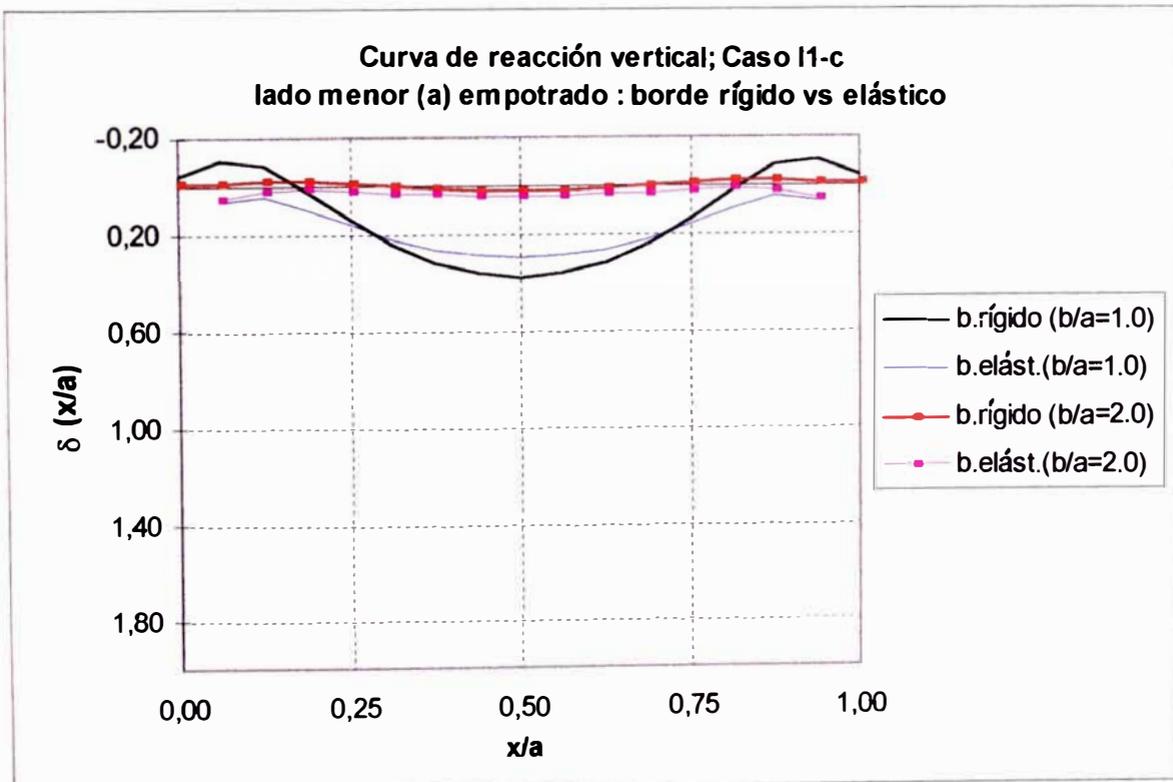


Gráfico 2.29. : Variación de la reacción vertical en el lado menor (a) para la condición de 4 bordes rígidos y 4 bordes elásticos.

2.3.6. Influencia de la relación de rigidez de las vigas de borde respecto a la rigidez de la losa, en la evaluación de losas con bordes elásticamente apoyados o elásticamente empotrados.

Si los bordes de una losa esta rígidamente unido a una viga soporte, la flecha en los puntos de este borde no es nula, sino igual a la flecha de la viga; esta es una de las condiciones de borde que debe cumplir un borde elásticamente apoyado (la segunda condición es respecto al giro producido en el borde de la losa, tiene que ser igual al giro torsional en la viga; esto se esta considerando al analizar distintas condiciones de borde empotrado y articulado, y las distintas combinaciones de ellas, para las distintas condiciones de carga). Siendo B la rigidez de la viga a la flexión.

La ecuación diferencial de la deformada de la viga será (para una losa rectangular, en donde los ejes x e y se toman paralelos a los lados de la losa) :

$$B \left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = D \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + (2 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]_{x=a} \quad (i)$$

Ordenando los términos :

$$B \left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = D \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + (1 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]_{x=a}$$

$$B \left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = D \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]_{x=a} + D \frac{\partial}{\partial x} \left[(1 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]_{x=a}$$

Conociendo que para el borde $x = a$:

$$Q_x = -D \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]$$

$$\frac{\partial M_{xy}}{\partial y} = D \cdot (1 - \nu) \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x \cdot \partial y} \right] = D \cdot (1 - \nu) \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]$$

[Esto último se cumple, pues para las soluciones de deformada w (problemas o casos que se desarrollaron en el ítem 2.2.1) que se trabaja para una solución analítica, esta separa las variables x e y ; es decir : $w = f(x) \cdot f(y)$]

$$V_x = Q_x - \frac{\partial M_{xy}}{\partial y}$$

En una viga se cumple :

$$E \cdot I \cdot \left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = B \cdot \left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = W$$

Reemplazando estas expresiones en la ecuación (i) :

$$W_{\text{viga}} = -V_{x(\text{losa})}$$

La ecuación diferencial (i) se puede interpretar como : "La carga distribuida sobre la viga es igual a la reacción vertical en el borde de la losa, para una condición de borde elásticamente apoyado"

De otra manera :

$$B \left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = D \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + (2 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]_{x=a}$$

$$\frac{B}{D} = \frac{\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + (2 - \nu) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right]_{x=a}}{\left(\frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right)}$$

$$\frac{B}{D} = \frac{\text{Funcion_diferencial}(w_{\text{losa}})}{\text{Funcion_diferencial}(w_{\text{viga}})}$$

Donde : $B = E.I = \frac{E.b.h^3}{12}$: Rigidez a la flexión de una viga de sección rectangular b x h

$D = \frac{E.t^3}{12.(1-\nu)}$: Rigidez a la flexión de una losa maciza de longitud unitaria y espesor t

Por lo tanto la relación B/D, en términos de las dimensiones de los elementos de la viga y de la losa es :

$$\frac{B}{D} = \frac{\frac{E.b.h^3}{12}}{\frac{E.t^3}{12.(1-\nu)}} = \frac{b.h^3}{t^3} (1-\nu)$$

La solución de la deformada propuesta para un problema particular, debe cumplir la ecuación diferencial de la losa; además las condiciones para un borde elásticamente apoyado (de desplazamiento y de giro entre el borde de la losa y la viga elástica), una de estas condiciones se tiene en la última expresión en el que

para una condición de carga, la deformada en el borde de la losa, tiene que ser igual a la deformada de la viga para ese mismo borde.

De esta última expresión se puede decir lo siguiente :

- Si $B \gg D$: si la rigidez a la flexión de la viga es mucho mayor que la rigidez de la losa; entonces la losa tenderá a comportarse como un problema de losa rectangular con bordes rígidos al desplazamiento vertical (para bordes rígidos la relación $B/D \rightarrow \infty$). Es decir :

“La losa estará apoyada en los bordes (vigas), y la curva de reacción vertical en estos bordes, tenderá a la forma máxima determinada para una losa rectangular con bordes rígidos(muros)”

- Si $B \ll D$; si la rigidez a la flexión de la viga es mucho menor que la rigidez de la losa, entonces, la losa tenderá a comportarse como un problema de losa rectangular con bordes elásticos muy flexibles (La relación $B/D \rightarrow 0$). Es decir :

“En este caso la losa no estará apoyada en los bordes, si no que por ser más rígida, su estabilidad lo buscará en los puntos de apoyo ubicado en las esquinas, y la deformada del elemento de viga se amolda a la deformada del borde de la losa que le corresponde; por lo tanto, la curva de reacción vertical en los bordes tienden a valores mínimos, y en los extremos (esquinas de la losa) tenderá asintóticamente a un valor grande”

EVALUACION DE LA REACCION VERTICAL MAXIMA EN LOSAS CUADRADAS ($b/a = 1.0$), PARA TODOS LOS CASOS ANALIZADOS ANTERIORMENTE (S1-a, S1-b, S1-c, P1-a, P1-b, P1-c, I1-a, I1-b, I1-c).

De lo mencionado anteriormente, existe una relación entre la relación de rigideces a la flexión de la viga (B) y la losa (D), con respecto a la curva de reacción vertical producido en los bordes, para un determinada condición de carga y de bordes elásticamente apoyados.

Como se va ha trabajar y determinar las reacciones verticales en los bordes para losas rectangulares con bordes rígidos, se pretende conocer hasta que valores de relación B/D ($B \gg D$, borde elásticos que tienden a ser rígidos) los problemas con borde elásticamente apoyados no producen diferencias significativas en los resultados de reacción vertical, respecto a los resultados de los problemas con bordes rígidos.

En la evaluación se va ha trabajar con el valor de reacción vertical máxima que ocurre en un nudo definido en todos los bordes de la losa; y se va ha considerar con un error significativo, a los valores que difieren en mas de 15% respecto a los valores de reacción vertical en los bordes para losas con bordes rígidos.

EVALUACION EN LOSAS CUADRADAS (b/a = 1.0)

En los problemas determinados en los Items anteriores, para el análisis de losas cuadradas de 6.0 x 6.0 m., se considero :

Vigas de 0.25 x 0.50 m.

t (losa) = 0.15 m.

Por lo tanto :

$$\frac{B}{D} = \frac{b \cdot h^3}{t^3} (1 - \nu) = \frac{0.25 \times 0.50^3}{0.15^3} (1 - 0.2) = 7.41$$

[En toda la investigación se trabaja con un valor promedio, para el coeficiente de Poisson de $\nu=0.2$]

Tabla 2.28 : Valores de reacción vertical máxima (en el centro del borde) entre todos los bordes para todos losa casos analizados en los Items. 2.3 y 2.4, para una losa cuadrada (b/a = 1.0)

Caso	R. vertical máxima b. rígido	R. vertical máxima b. elástico	borde donde ocurre	% de diferencia
S1-a	0.432	0.329	(a) y (b)	23.8 %
S1-b	0.517	0.347	(a)	32.9 %
S1-c	0.441	0.329	(a) y (b)	25.4 %
P1-a	0.683	0.544	(a) y (b)	20.4 %
P1-b	0.946	0.640	(a)	32.3 %
P1-c	0.776	0.608	(a) y (b)	21.6 %
I1-a	0.389	0.293	(a)	24.7 %
I1-b	0.521	0.336	(a)	35.5 %
I1-c	0.374	0.293	(a)	21.7 %

En los casos I1 se considero el borde en el que se producía un % de diferencia mayor entre los valores de b. rígido y b. elástico.

Como se observa en la tabla anterior las mayores diferencia ocurren en los casos con condición de borde : 2 bordes opuestos simplemente apoyados y los otros 2 empotrados; y no interesa la condición de carga.

CASO S1-a : Losa cuadrada ($b/a=1.0$) uniformemente cargada q , y con 4 bordes s. apoyados (articulados)

Tabla 2.29. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (a y b) articulados, en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	S1-a	Respecto a S1-a rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.329	0.432	23.8%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.347	0.432	19.8%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.356	0.432	17.7%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.373	0.432	13.6%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.382	0.432	11.5%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.391	0.432	9.5%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.409	0.432	5.3%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.427	0.432	1.2%

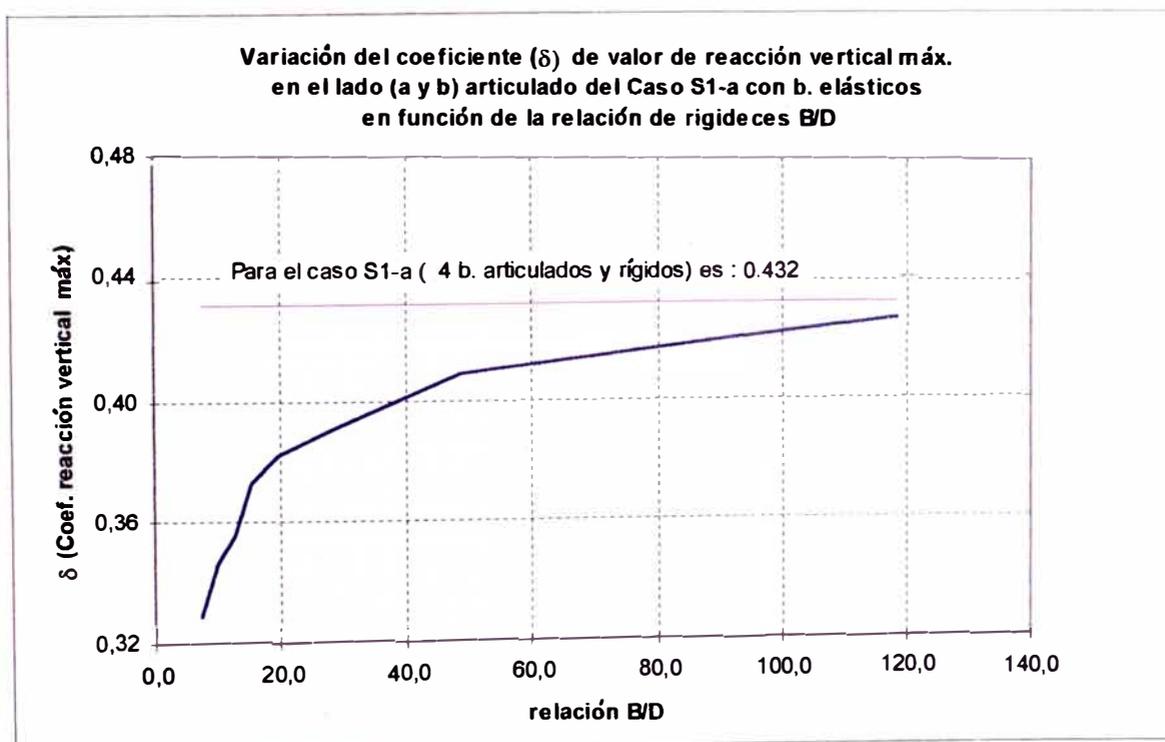


Gráfico 2.30. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (a y b) s. apoyados (articulados) del caso S1-a

CASO S1-b : Losa cuadrada ($b/a=1.0$) uniformemente cargada q , y con 2 bordes opuestos simplemente apoyados (articulados) y los otros 2 empotrados

Tabla 2.30. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (a) empotrado, en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	S1-c	S1-b	Respecto a S1-c rígido	Respecto a S1-b rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.347	0.441	0.517	21.3%	32.9%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.373	0.441	0.517	15.3%	27.8%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.391	0.441	0.517	11.3%	24.3%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.400	0.441	0.517	9.3%	22.6%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.409	0.441	0.517	7.3%	20.9%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.418	0.441	0.517	5.3%	19.2%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.427	0.441	0.517	3.3%	17.5%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.436	0.441	0.517	1.2%	15.8%

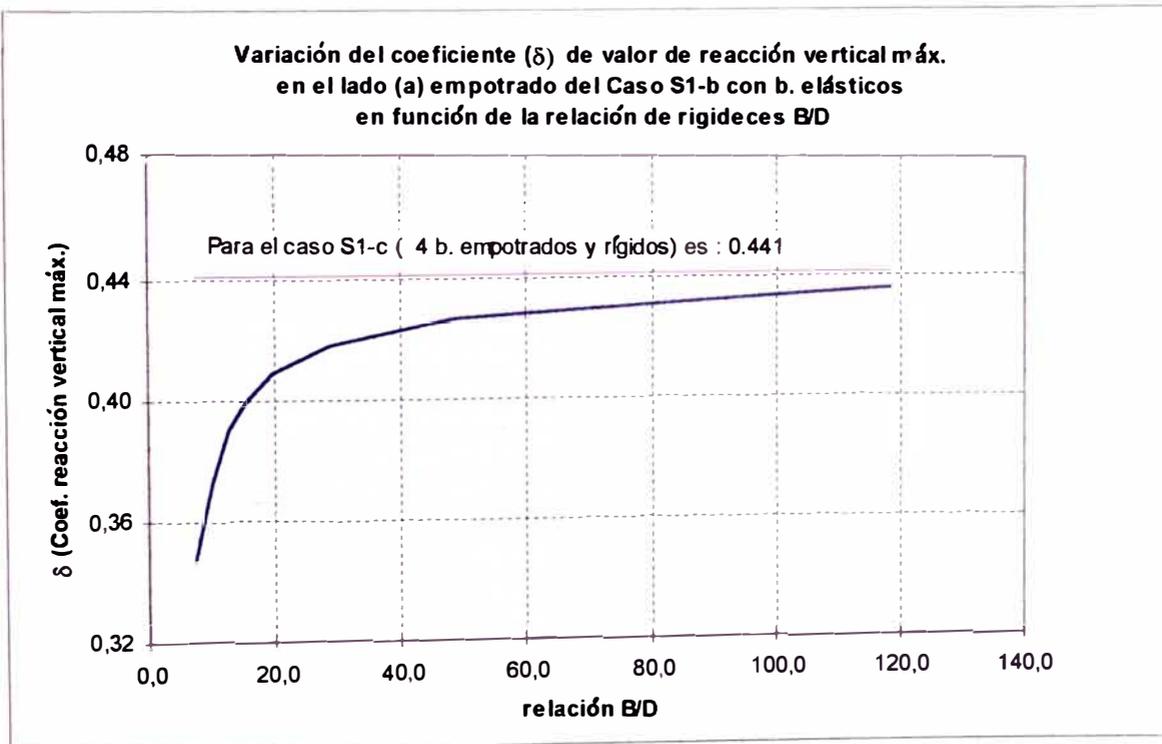


Gráfico 2.31. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (a) empotrado del caso S1-b

Tabla 2.31. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (b) s. apoyado (articulado), en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	S1-a	S1-b	Respecto a S1-a rígido	Respecto a S1-b rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.32	0.432	0.319	30.1%	5.3%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.320	0.432	0.319	25.9%	-0.3%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.329	0.432	0.319	23.9%	-3.1%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.347	0.432	0.319	19.8%	-8.7%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.356	0.432	0.319	17.7%	-11.5%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.373	0.432	0.319	13.6%	-17.0%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.391	0.432	0.319	9.5%	-22.6%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.418	0.432	0.319	3.3%	-31.0%

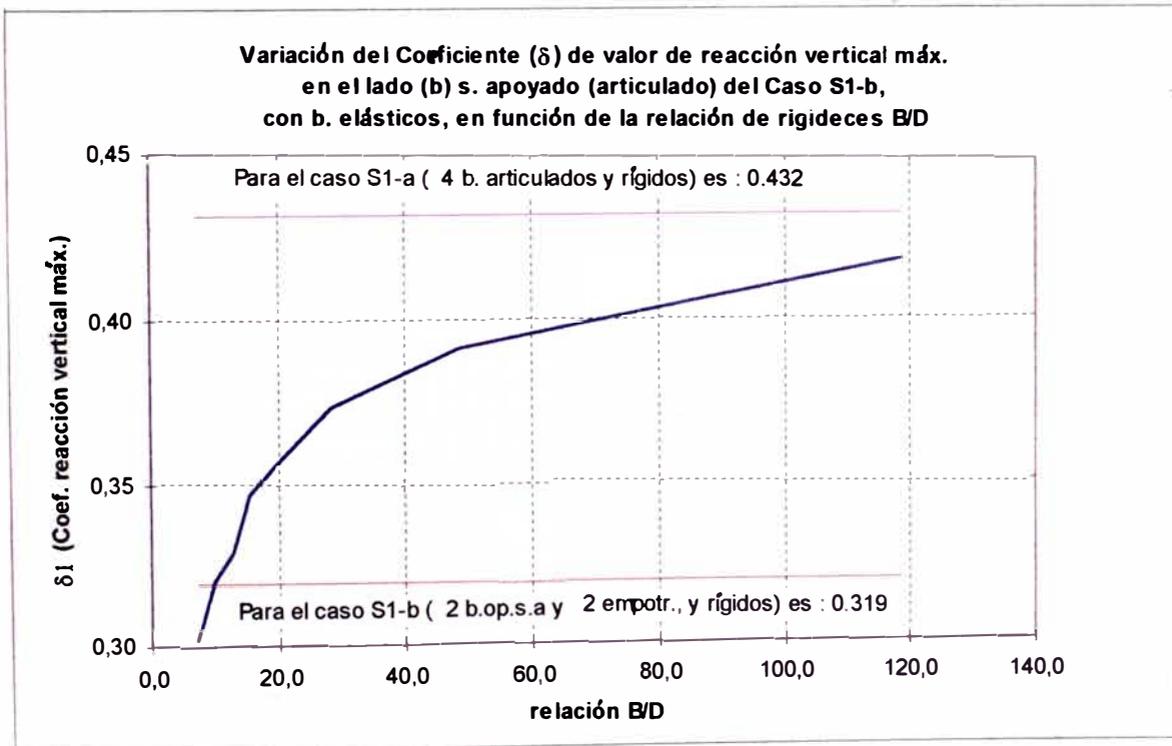


Gráfico 2.32. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (b) s. apoyado (articulado) del caso S1-b

CASO S1-c : Losa cuadrada ($b/a=1.0$) uniformemente cargada q , y con 4 bordes empotrados

Tabla 2.32. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (a y b) empotrados, en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	S1-c	Respecto a S1-c rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.329	0.441	25.4%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.347	0.441	21.4%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.364	0.441	17.4%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.373	0.441	15.3%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.382	0.441	13.3%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.400	0.441	9.3%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.409	0.441	7.3%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.427	0.441	3.3%

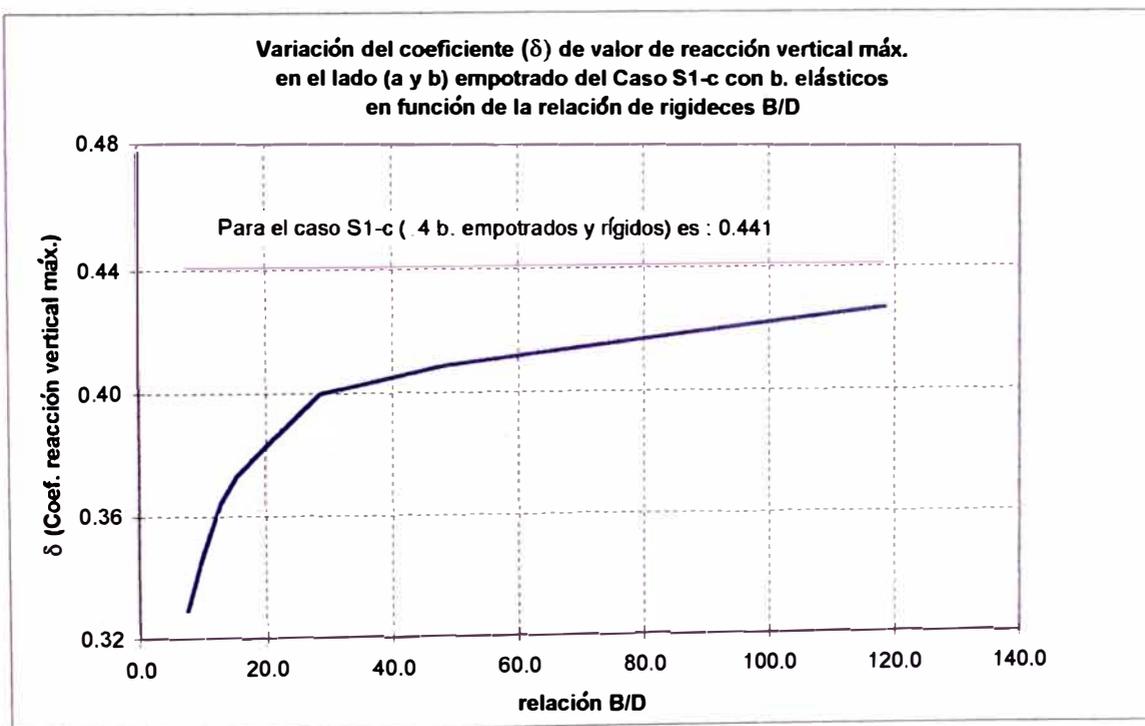


Gráfico 2.33. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (a y b) empotrado del caso S1-c

CASO P1-a : Losa cuadrada ($b/a=1.0$) bajo una carga concentrada P en el centro de la losa, y con 4 bordes s. apoyados (articulados)

Tabla 2.33. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (a y b) s. apoyados (articulado), en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	P1-a	P1-c	Respecto a P1-a rígido	Respecto a P1-c rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.544	0.683	0.776	20.4%	29.9%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.576	0.683	0.776	15.7%	25.8%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.608	0.683	0.776	11.0%	21.6%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.640	0.683	0.776	6.3%	17.5%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.672	0.683	0.776	1.6%	13.4%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.74	0.683	0.776	-3.1%	9.3%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.720	0.683	0.776	-5.4%	7.2%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.736	0.683	0.776	-7.8%	5.2%

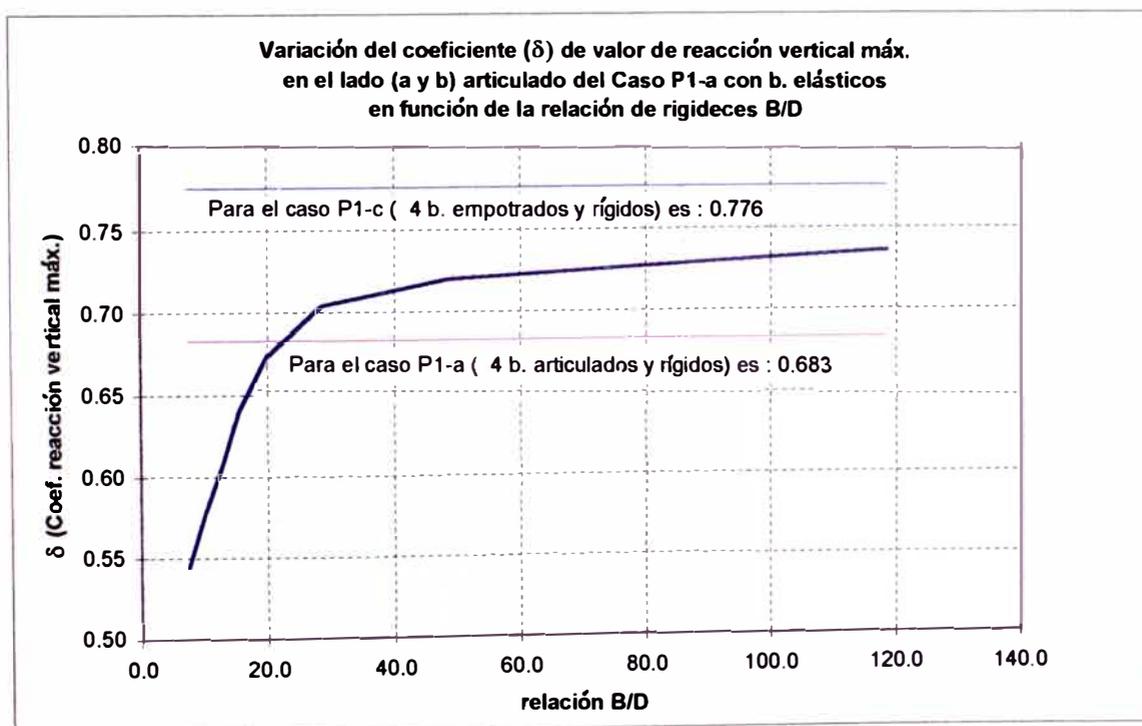


Gráfico 2.34. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (a y b) s. apoyados (articulados) del Caso P1-a

CASO P1-b: Losa cuadrada ($b/a=1.0$) bajo una carga concentrada P en el centro de la losa, y con 2 bordes opuestos simplemente apoyados (articulados) y los otros 2 empotrados

Tabla 2.34. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (a) empotrado, en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	P1-c	P1-b	Respecto a P1-c rígido	Respecto a P1-b rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.640	0.776	0.946	17.5%	32.3%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.672	0.776	0.946	13.4%	29.0%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.74	0.776	0.946	9.3%	25.6%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.720	0.776	0.946	7.2%	23.9%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.736	0.776	0.946	5.2%	22.2%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.752	0.776	0.946	3.1%	20.5%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.768	0.776	0.946	1.0%	18.8%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.773	0.776	0.946	0.4%	18.3%

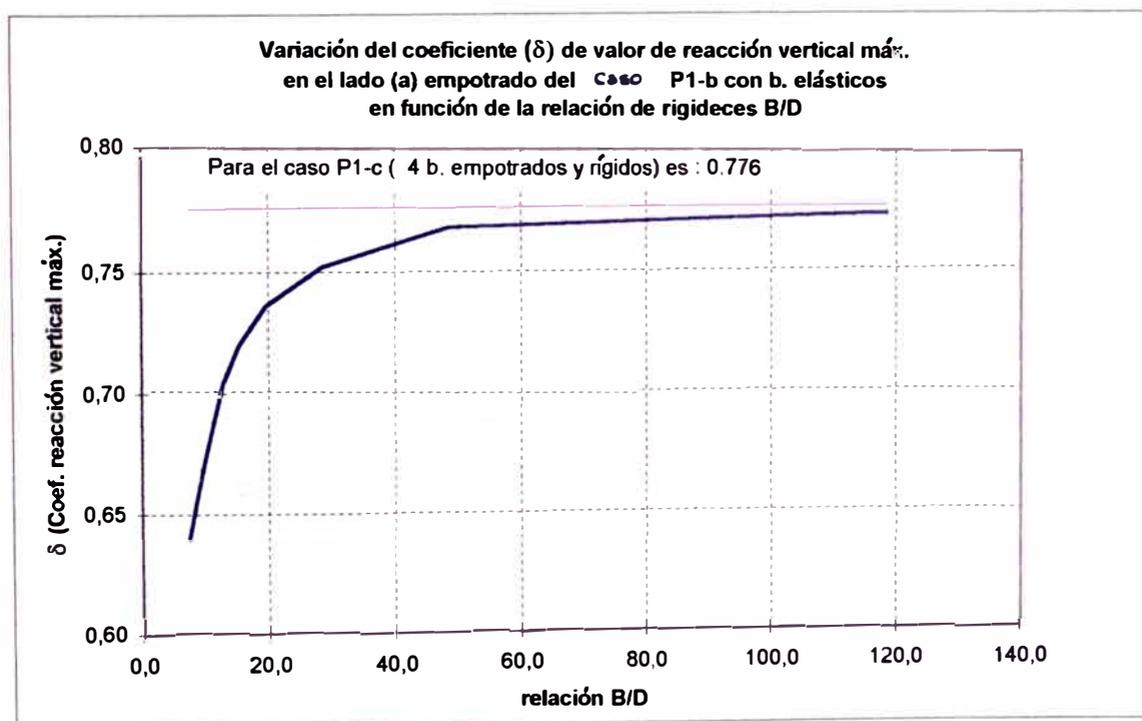


Gráfico 2.35. : Influencia de la relación de rigideces B/D , en el valor de reacción vertical máxima del lado (a) empotrado del Caso P1-b

Tabla 2.35. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (b) s. apoyado (articulado), en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	P1-a	P1-b	Respecto a P1-a rígido	Respecto a P1-b rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.512	0.683	0.434	25.0%	-18.0%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.544	0.683	0.434	20.4%	-25.3%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.560	0.683	0.434	18.0%	-29.0%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.576	0.683	0.434	15.7%	-32.7%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.608	0.683	0.434	11.0%	-40.1%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.640	0.683	0.434	6.3%	-47.5%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.672	0.683	0.434	1.6%	-54.8%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.728	0.683	0.434	-6.6%	-67.7%

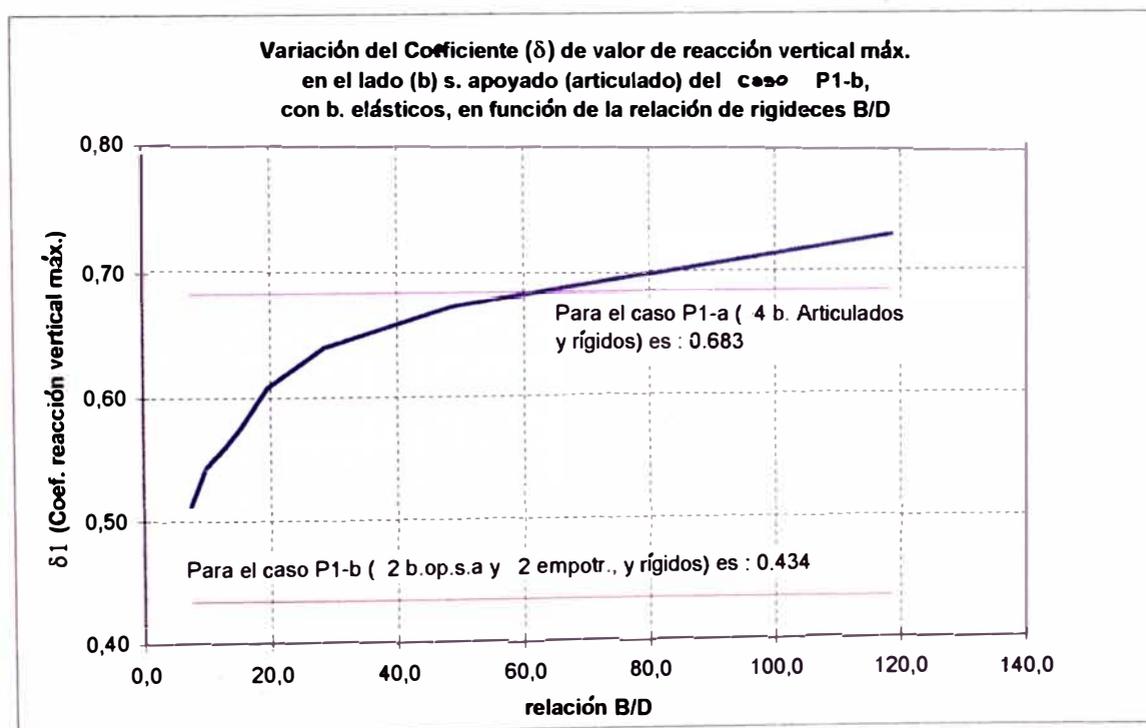


Gráfico 2.36. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (b) s. apoyado (articulado) del Caso P1-b

CASO P1-c : Losa cuadrada ($b/a=1.0$) uniformemente cargada q , y con 4 bordes empotrados

Tabla 2.36. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (a y b) empotrados, en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	P1-c	Respecto a P1-c rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.608	0.776	21.6%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.640	0.776	17.5%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.656	0.776	15.5%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.672	0.776	13.4%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.688	0.776	11.3%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.74	0.776	9.3%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.736	0.776	5.2%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.742	0.776	4.3%

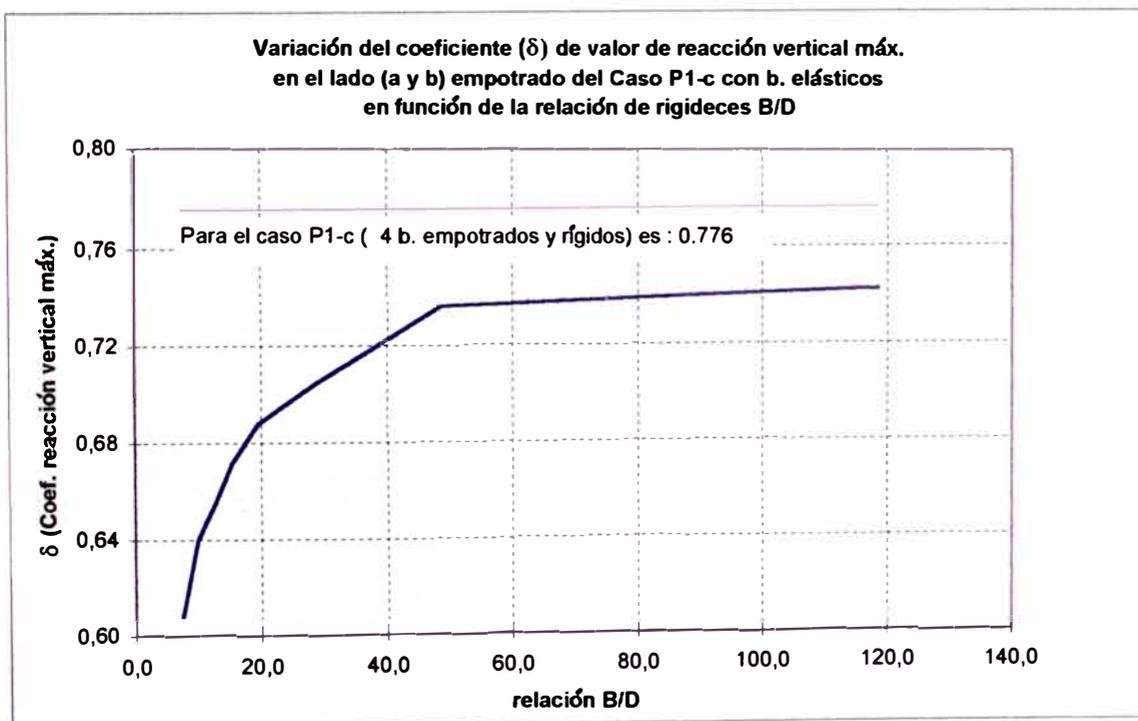


Gráfico 2.37. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (a y b) empotrado del Caso P1-c

CASO I1-a : Losa cuadrada ($b/a=1.0$) bajo una carga lineal, que va desde el medio de un borde al punto medio del borde opuesto, y con 4 bordes simplemente apoyados (articulados)

Tabla 2.37. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (a) s. apoyados (articulado), en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	I1-a	Respecto a I1-a rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.293	0.389	24.7%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.309	0.389	20.5%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.320	0.389	17.7%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.331	0.389	15.0%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.336	0.389	13.6%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.347	0.389	10.9%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.357	0.389	8.1%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.363	0.389	6.8%

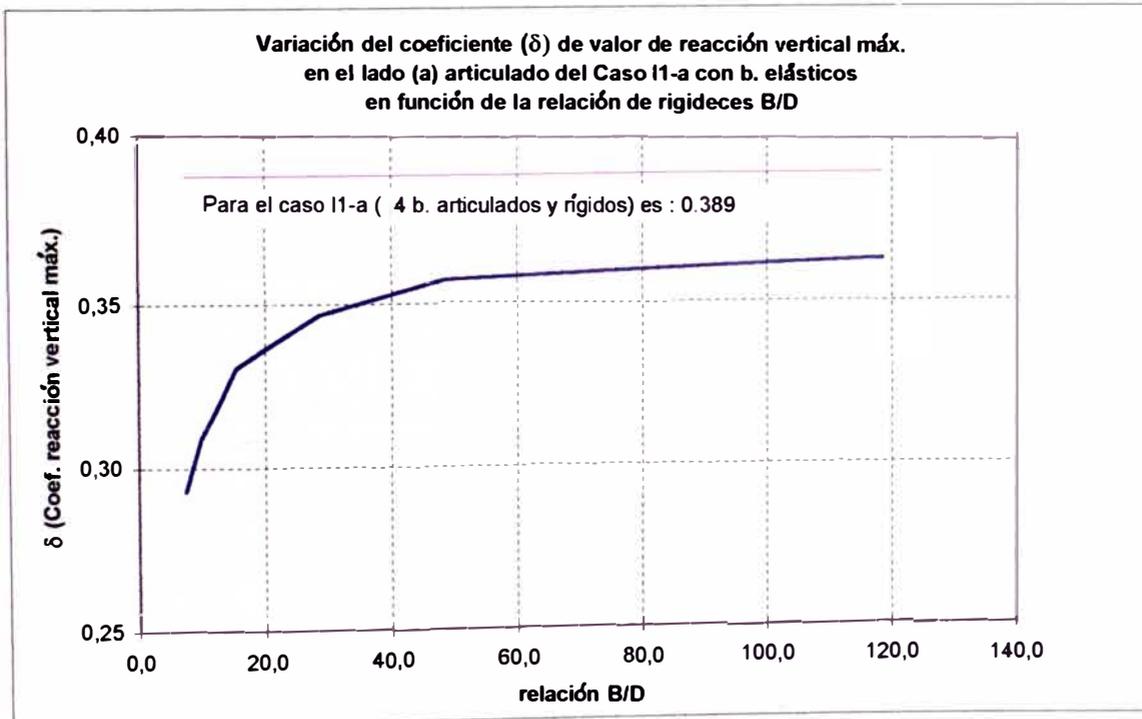


Gráfico 2.38. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (a) s. apoyado (articulado) del Caso I1-a

Tabla 2.38. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (b) s. apoyado (articulado), en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	I1-a	I1-c	Respecto a I1-a rígido	Respecto a I1-c rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	1.536	1.575	2.015	2.5%	23.8%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	1.600	1.575	2.015	-1.6%	20.6%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	1.653	1.575	2.015	-5.0%	17.9%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	1.717	1.575	2.015	-9.0%	14.8%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	1.755	1.575	2.015	-11.4%	12.9%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	1.829	1.575	2.015	-16.1%	9.2%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	1.893	1.575	2.015	-20.2%	6.0%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	1.963	1.575	2.015	-24.6%	2.6%

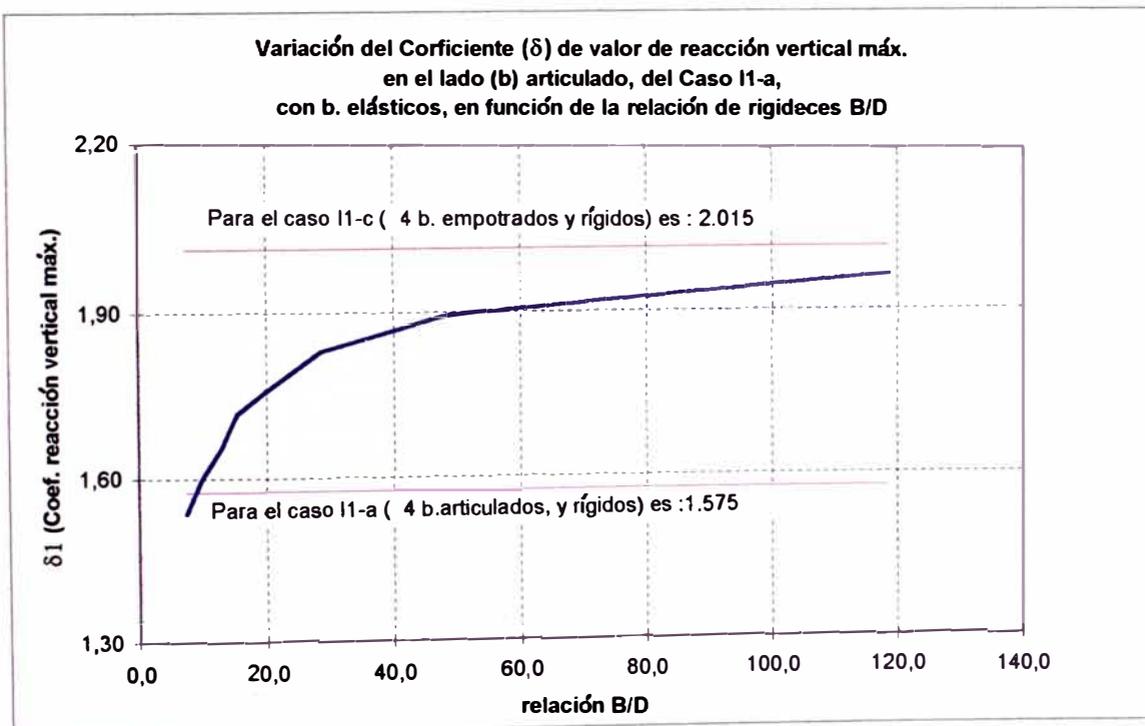


Gráfico 2.39. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (b) s. apoyados (articulados) del Caso I1-a

CASO I1-b : Losa cuadrada ($b/a=1.0$) bajo una carga lineal, que va desde el medio de un borde al punto medio del borde opuesto (y paralelo a los otros dos lados), y con 2 bordes opuestos s. apoyados (articulados) y los otros dos empotrados.

Tabla 2.39. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (a) empotrado, en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	I1-c	I1-b	Respecto a I1-c rígido	Respecto a I1-b rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.336	0.374	0.521	10.2%	35.5%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.352	0.374	0.521	5.9%	32.4%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.368	0.374	0.521	1.6%	29.4%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.372	0.374	0.521	0.5%	28.6%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.374	0.374	0.521	0.0%	28.2%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.374	0.374	0.521	-0.1%	28.1%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.375	0.374	0.521	-0.2%	28.0%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.375	0.374	0.521	-0.4%	27.9%

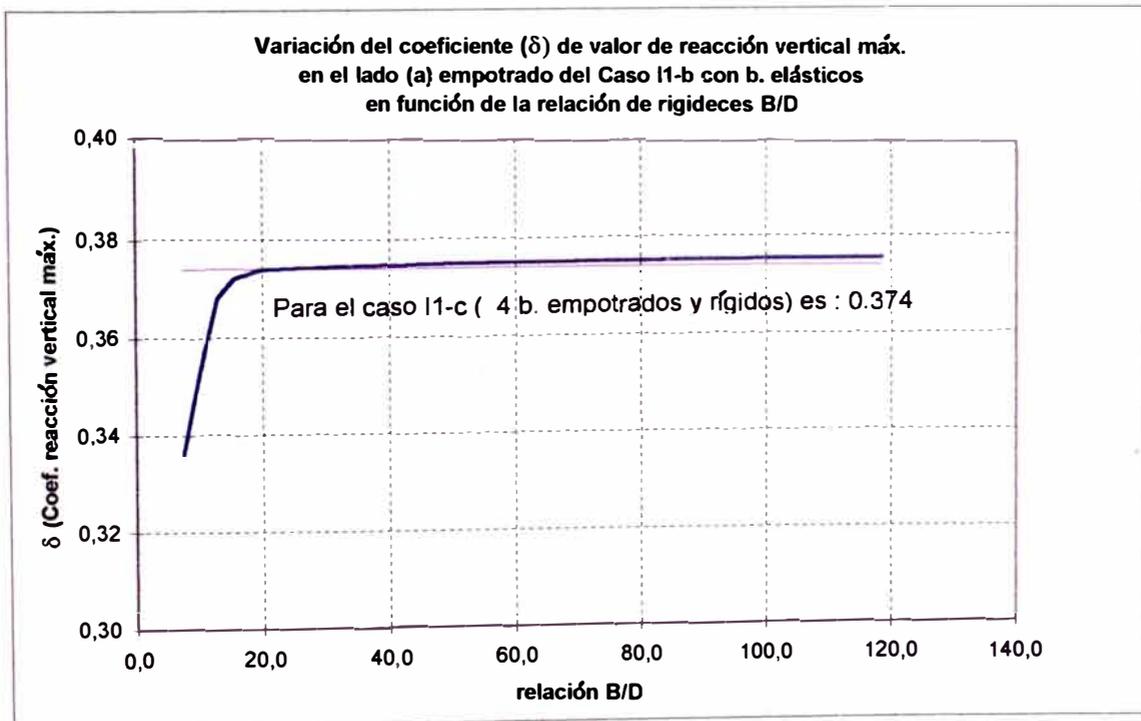


Gráfico 2.40. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (a) empotrado del Caso I1-b

Tabla 2.40. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (b) s. apoyado (articulado), en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	I1-c	I1-b	Respecto a I1-c rígido	Respecto a I1-b rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	1.509	2.015	1.419	25.1%	-6.3%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	1.568	2.015	1.419	22.2%	-10.5%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	1.616	2.015	1.419	19.8%	-13.9%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	1.685	2.015	1.419	16.4%	-18.8%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	1.723	2.015	1.419	14.5%	-21.4%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	1.83	2.015	1.419	10.5%	-27.0%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	1.877	2.015	1.419	6.8%	-32.3%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	1.957	2.015	1.419	2.9%	-37.9%

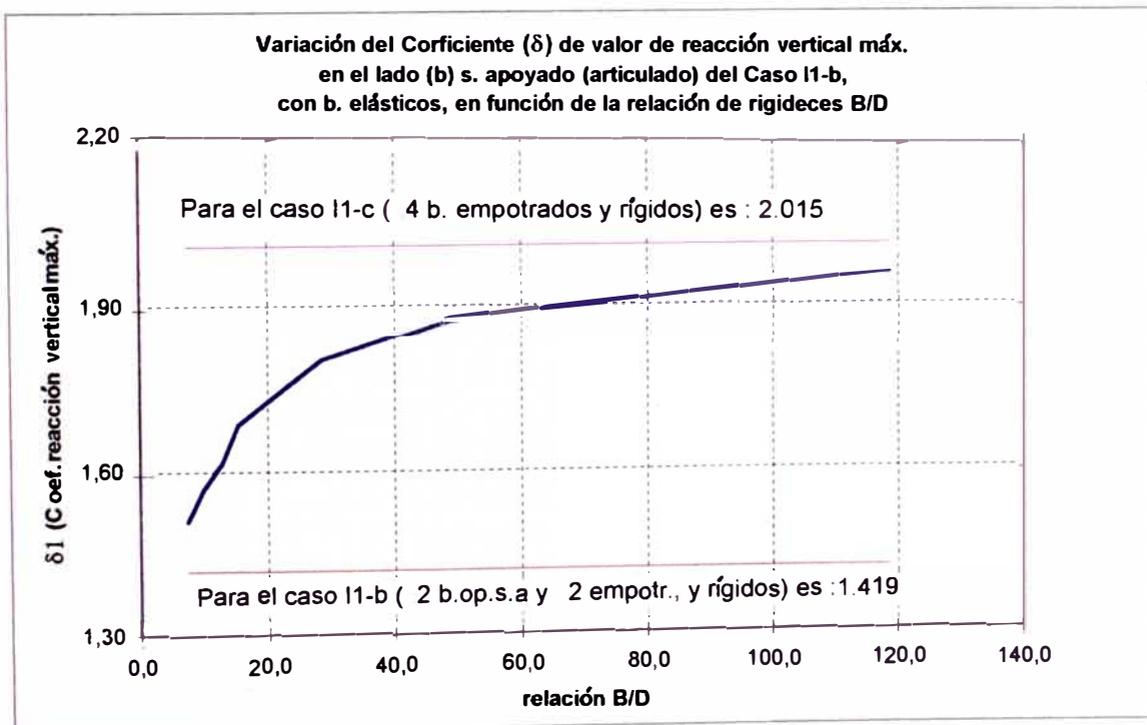


Gráfico 2.41. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (b) simplemente apoyado (articulado) del Caso I1-b

CASO II-c : Losa cuadrada ($b/a=1.0$) bajo una carga lineal, que va desde el medio de un borde al punto medio del borde opuesto (y paralelo a los otros dos lados), y con 4 bordes empotrados.

Tabla 2.41. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (a) empotrado, en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	II-c	Respecto a II-c rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	0.293	0.374	21.7%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	0.309	0.374	17.3%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	0.320	0.374	14.4%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	0.325	0.374	13.0%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	0.336	0.374	10.2%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	0.347	0.374	7.3%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	0.352	0.374	5.9%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	0.363	0.374	3.0%

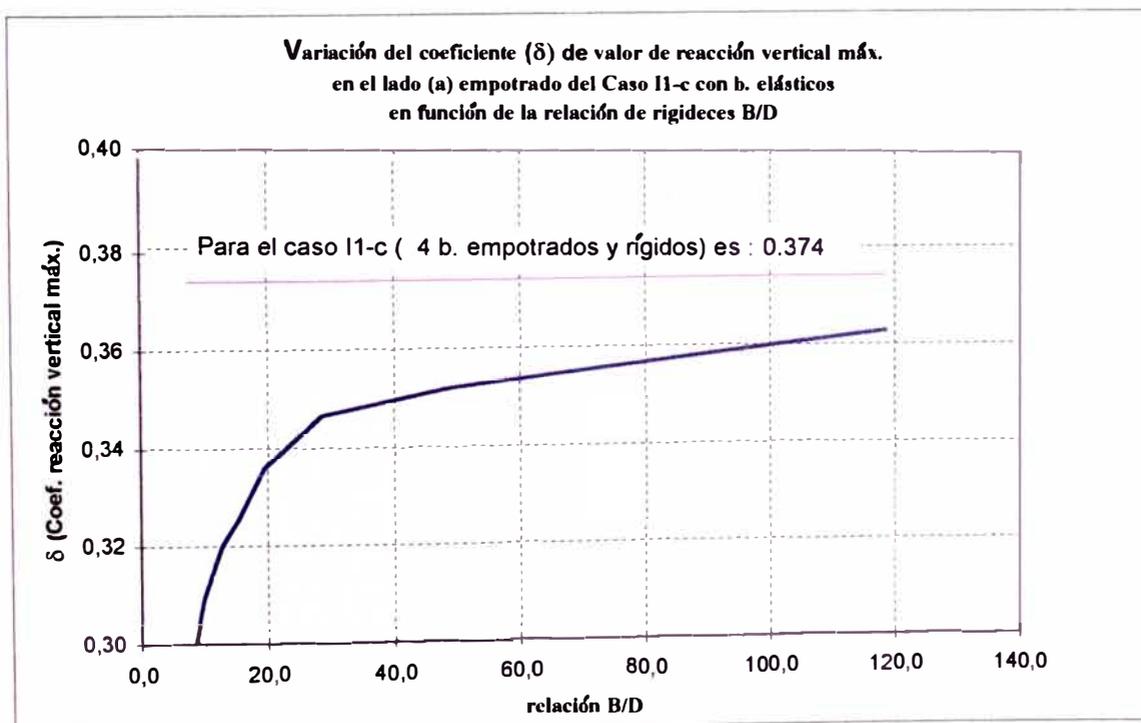


Gráfico 2.42. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (a) empotrado del Caso II-c

Tabla 2.42. : Variación del coeficiente (δ) del valor de reacción vertical máxima, en el lado (b) empotrado, en función de la relación B (rigidez a la flexión de la viga) y D (rigidez a la flexión de la losa)

Viga	B/D	C/D	R. vertical máxima	I1-c	Respecto a I1-c rígido
0.25 x 0.50	7.41	3.86	1.632	2.015	19.0%
0.25 x 0.55	9.86	4.96	1.696	2.015	15.8%
0.25 x 0.60	12.80	6.26	1.749	2.015	13.2%
0.30 x 0.60	15.36	8.00	1.792	2.015	11.1%
0.30 x 0.65	19.53	9.87	1.824	2.015	9.5%
0.35 x 0.70	28.46	14.82	1.877	2.015	6.8%
0.40 x 0.80	48.55	25.28	1.931	2.015	4.2%
0.50 x 1.00	118.52	61.73	1.979	2.015	1.8%

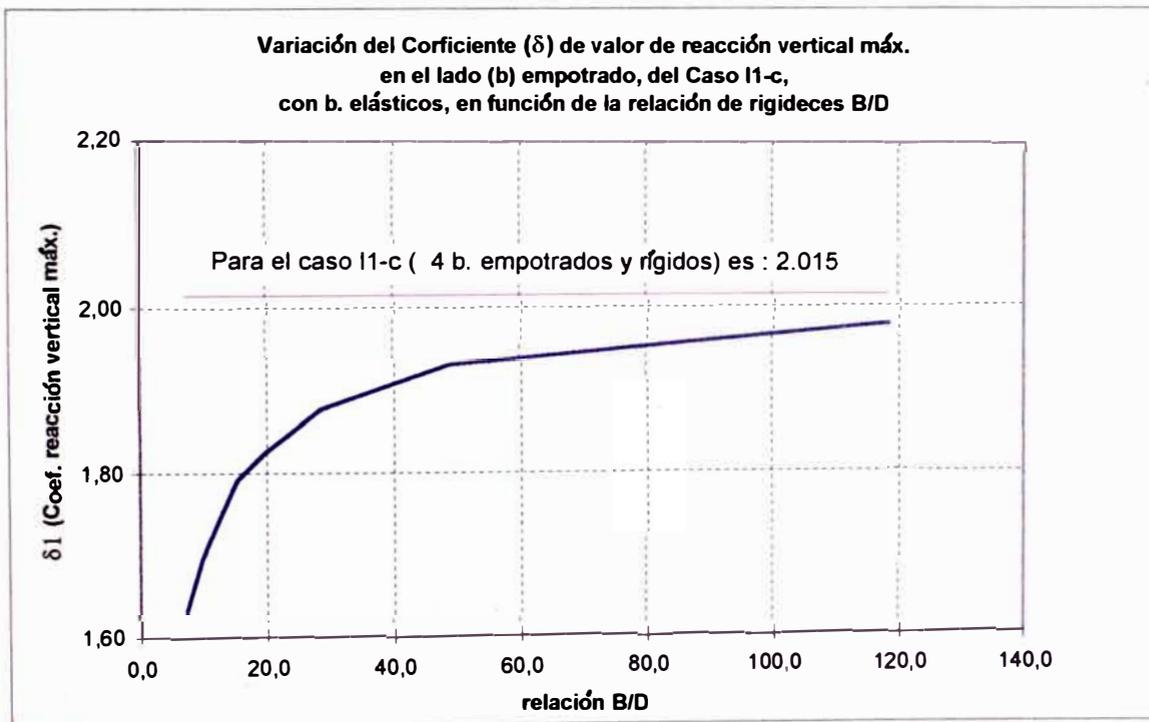
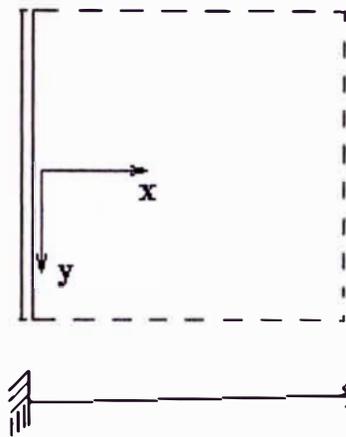


Gráfico 2.43. : Influencia de la relación de rigideces B/D, en el valor de reacción vertical máxima del lado (b) empotrado del Caso I1-c

COMENTARIOS :

- Para los casos analizados, se puede observar que los resultados para bordes empotrados con apoyos elásticos, a medida que se incrementa la rigidez de la viga, tienden a los valores para bordes empotrados con apoyos rígidos.

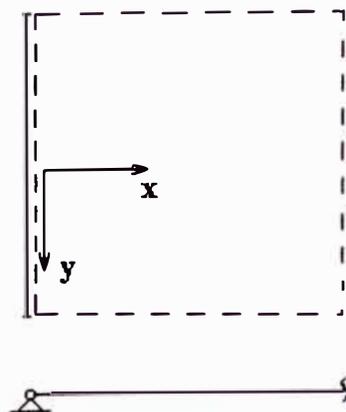


a) Para ambos, b. rígidos y elásticos : $\frac{\delta \cdot w}{\delta \cdot x} = 0$

b) Para un b. elástico, si : B (rigidez de la viga) $\uparrow \Rightarrow w \rightarrow 0$ (b. rígido)

- Para los bordes simplemente apoyados (articulados), hay que hacer notar que existe una diferencia :

Para los b. rígidos, se considera un apoyo de Navier



$\nabla^2 w = 0$ y $w = 0$; La losa en este borde puede girar y no puede levantarse.

También debe cumplir :

$$\frac{\delta w}{\delta x} \neq 0$$

$$M_{xy} \neq 0$$

$$M_x = 0$$

En cambio para b. elásticos :

- a) $\nabla^2 w \neq 0$; El momento x en este borde no es cero, pues la viga además de la rigidez a flexión, proporciona al borde de la losa una rigidez torsional ($C = G.J$), y a medida que la viga se hace mas robusta (La rigidez a la flexión B de la viga también aumenta), el Momento x, se hace de un valor significativo.
- b) si : B (rigidez de la viga) $\uparrow \Rightarrow w \rightarrow 0$ (b. rígido)

Es decir : Por una parte si B (rigidez de la viga) \uparrow , la condición de b) para un borde elástico tiende al valor para un borde rígido; pero la condición a) no se cumple.

En todo caso si la dimensiones de la viga aumenta : B (rigidez de la viga) \uparrow y C (rigidez torsional de la viga) \uparrow , las condiciones convergen (aunque en un grado mucho menor) a un borde empotrado y rígido.

- No se puede establecer claramente un rango de valores para la relación B/D (que se cumpla de manera general para cada condición de carga), en el que los valores para bordes rígidos pueden aplicarse para problemas con bordes elásticos (con un cierto rango de error admisible), debido principalmente a la diferencia (en cuanto al valor máximo y a la forma de la curva) en bordes simplemente apoyados, para los casos de bordes rígidos y bordes elásticamente apoyados, mencionados en el punto anterior. Se puede notar una convergencia casi estable (para las condiciones de carga analizados) para los bordes empotrados.

VARIACION DE LA FORMA DE LA CURVA DE REACCIÓN VERTICAL, EN FUNCION DE LA RELACION B/D; ANALISIS PARA EL CASO S1-b, EN UNA LOSA CUADRADA (b/a = 1.0), Y UNA LOSA RECTANGULAR (b/a = 2.0).

En los Items 2.3.4. y 2.3.5. se evaluó las reacciones verticales en los bordes elásticamente apoyados, considerando una sección de viga determinada por un predimensionamiento usual que se realiza usualmente en el análisis de una edificación. Estas dimensiones de viga obtenidas, pueden considerarse como secciones promedio para las dimensiones de losa respectivos, pero a veces sobre la viga existen cargas muertas adicionales importantes, lo que exigiría una sección mayor de vigas, condición que se acercaría al caso de bordes rígidos al desplazamiento vertical: y por lo tanto los resultados de reacción vertical serían un caso intermedio entre los bordes rígidos y bordes elásticos del Item 2.3.

Se va a analizar el Caso S1-b, losa rectangular uniformemente cargada, 2 bordes opuestos simplemente apoyados y los otros 2 empotrados, haciendo variar la rigidez de las vigas de borde para el caso considerando todos los bordes elásticos.

[Se va a considerar un espesor de losa = 0.15 m., para ambos casos a analizarse]

Para una losa cuadrada de 6.0 x 6.0 m.:

[Se va a considerar un espesor de losa = 0.15 m., para ambos casos a analizarse]

- Para vigas .20 x .40 m., la relación B/D, es:

$$\frac{B}{D} = \frac{b \cdot h^3}{t^3} (1 - \nu) = \frac{0.20 \times 0.40^3}{0.15^3} (1 - 0.2) = 3.3$$

- Para vigas .25 x .50 m., la relación B/D = 7.41

Para una losa rectangular de 6.0 x 12.0 m. :

[Se va a considerar un espesor de losa = 0.20 m., para ambos casos a analizarse]

- Para vigas .40 x .80 m., la relación B/D, es:

$$\frac{B}{D} = \frac{b \cdot h^3}{t^3} (1 - \nu) = \frac{0.40 \times 0.80^3}{0.20^3} (1 - 0.2) = 20.48$$

- Para vigas .50 x 1.00 m., la relación B/D = 50.00

Ambos casos de losas rectangulares con todos sus bordes elásticamente apoyados, se van a comparar con los valores obtenidos para la condición de todos los bordes rígidos al desplazamiento vertical.

PARA UNA LOSA CUADRADA (b/a = 1.0)

Tabla 2.43. : Curva de reacción vertical sobre el lado (b) articulado, del Caso S1-b, para vigas con bordes elásticamente apoyados.

y/b	b. rígido	b. elástico B/D=7.41	b. elástico B/D=3.3
-0.500			
-0.438	-0.216	-0.036	0.133
-0.375	-0.027	0.093	0.182
-0.313	0.098	0.182	0.213
-0.250	0.187	0.236	0.231
-0.188	0.248	0.271	0.236
-0.125	0.289	0.289	0.240
-0.063	0.312	0.307	0.244
0.000	0.319	0.302	0.249
0.063	0.312	0.307	0.244
0.125	0.289	0.289	0.240
0.188	0.248	0.271	0.236
0.250	0.187	0.236	0.231
0.313	0.098	0.182	0.213
0.375	-0.027	0.093	0.182
0.438	-0.216	-0.036	0.133
0.500			

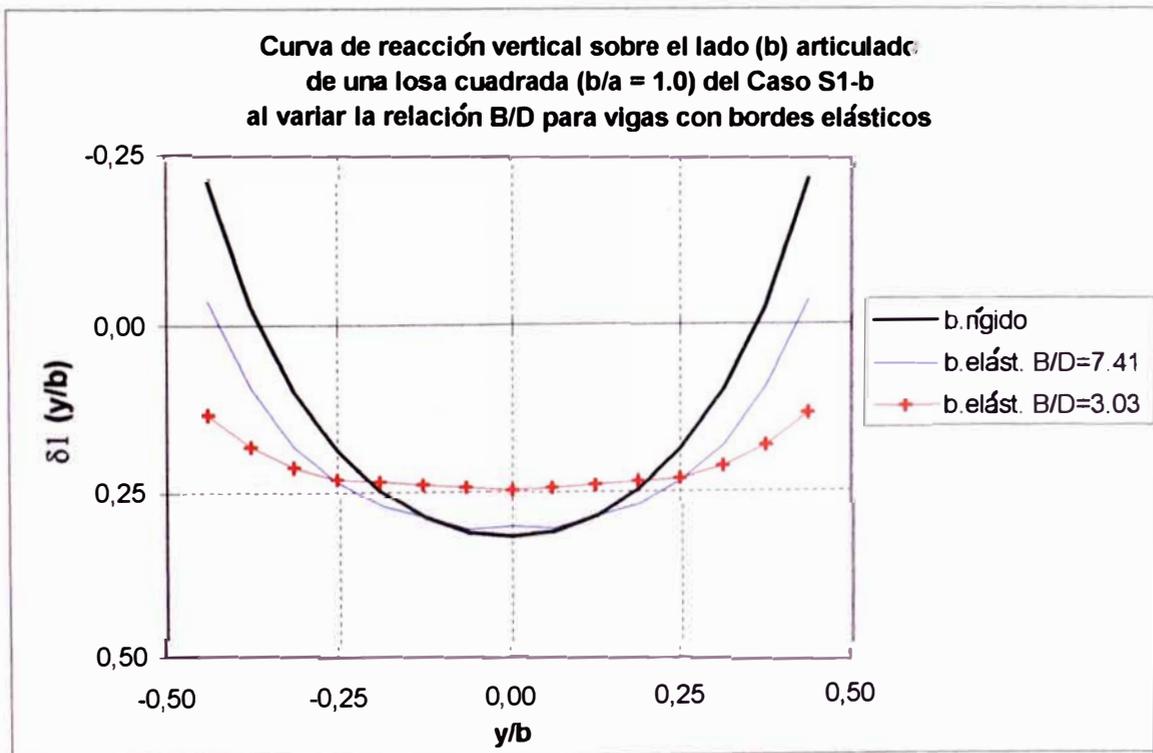


Gráfico 2.44. : Variación de la curva de reacción vertical para el lado (b) articulado de una losa cuadrada (b/a=1.0) del Caso S1-b.

Tabla 2.44. : Curva de reacción vertical sobre el lado (a) empotrado, del Caso S1-b, para vigas con bordes elásticamente apoyados.

x/a	b. rígido	b. elástico B/D=7.41	b. elástico B/D=3.3
0.000	0.000		
0.063	0.220	0.209	0.236
0.125	0.331	0.236	0.222
0.188	0.402	0.276	0.231
0.250	0.450	0.302	0.236
0.313	0.482	0.324	0.244
0.375	0.502	0.333	0.244
0.438	0.513	0.347	0.244
0.500	0.517	0.347	0.249
0.563	0.513	0.347	0.244
0.625	0.502	0.333	0.244
0.688	0.482	0.324	0.244
0.750	0.450	0.302	0.236
0.813	0.402	0.276	0.231
0.875	0.331	0.236	0.222
0.938	0.220	0.209	0.236
1.000	0.000		

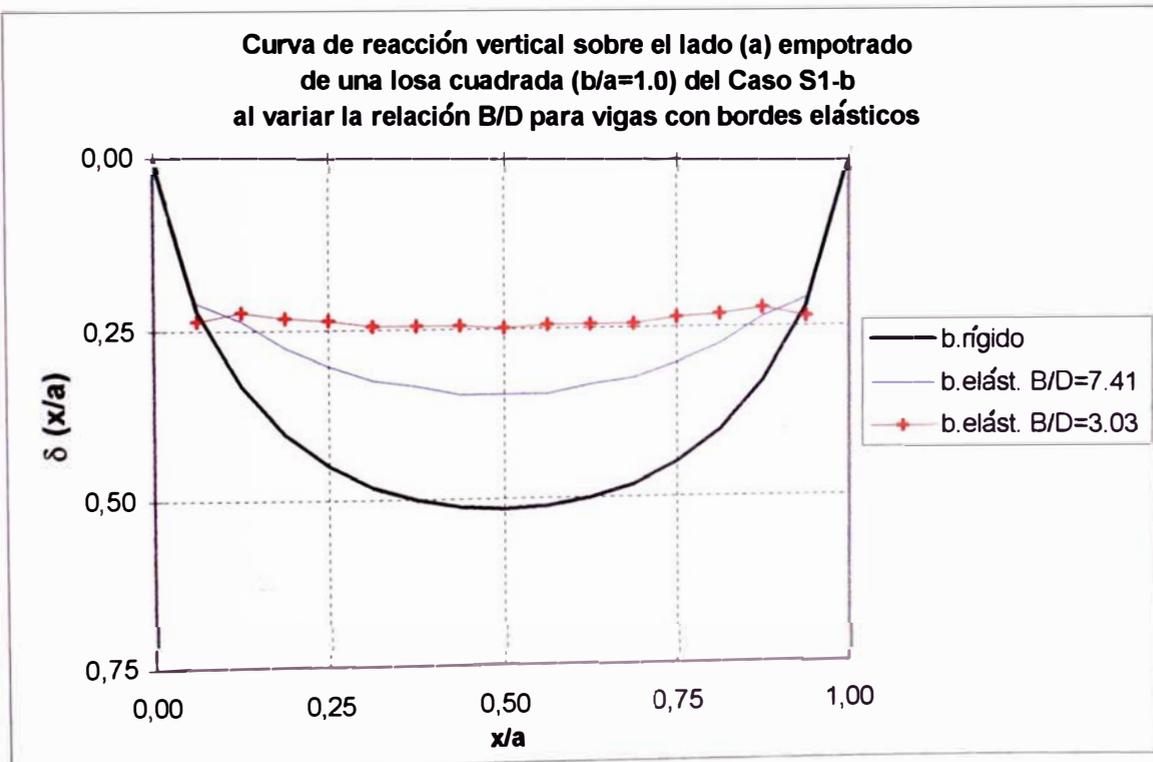


Gráfico 2.45. : Variación de la curva de reacción vertical para el lado (a) empotrado de una losa cuadrada ($b/a=1.0$) del Caso S1-b.

PARA UNA LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

Tabla 2.45. : Curva de reacción vertical sobre el lado (b) articulado, del Caso S1-b, para vigas con bordes elásticamente apoyados.

y/b	b. rígido	b. elástico B/D=50.00	b. elástico B/D=20.48
-0.500			
-0.438	-0.188	-0.102	-0.122
-0.375	0.109	0.198	0.182
-0.313	0.278	0.349	0.324
-0.250	0.378	0.422	0.391
-0.188	0.436	0.458	0.420
-0.125	0.469	0.473	0.438
-0.063	0.486	0.480	0.442
0.000	0.491	0.480	0.444
0.063	0.486	0.480	0.442
0.125	0.469	0.473	0.438
0.188	0.436	0.458	0.420
0.250	0.378	0.422	0.391
0.313	0.278	0.349	0.324
0.375	0.109	0.198	0.182
0.438	-0.188	-0.102	-0.122
0.500			

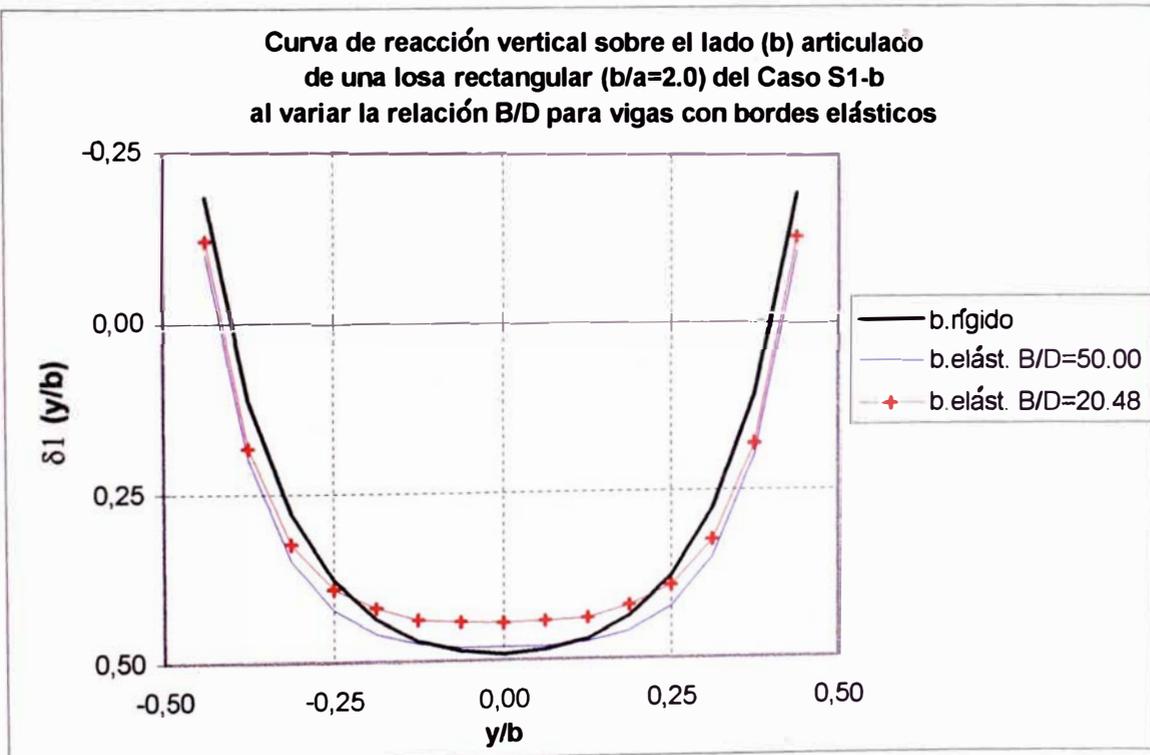


Gráfico 2.46. : Variación de la curva de reacción vertical para el lado (b) articulado de una losa rectangular ($b/a=2.0$) del Caso S1-b.

Tabla 2.46. : Curva de reacción vertical sobre el lado (a) empotrado, del Caso S1-b, para vigas con bordes elásticamente apoyados.

x/a	b. rígido	b. elástico B/D=50.00	b. elástico B/D=20.48
0.000	0.000		
0.063	0.260	0.262	0.347
0.125	0.410	0.267	0.338
0.188	0.516	0.329	0.369
0.250	0.595	0.382	0.413
0.313	0.652	0.431	0.444
0.375	0.691	0.467	0.476
0.438	0.713	0.489	0.484
0.500	0.721	0.498	0.498
0.563	0.713	0.489	0.484
0.625	0.691	0.467	0.476
0.688	0.652	0.431	0.444
0.750	0.595	0.382	0.413
0.813	0.516	0.329	0.369
0.875	0.410	0.267	0.338
0.938	0.260	0.262	0.347
1.000	0.000		

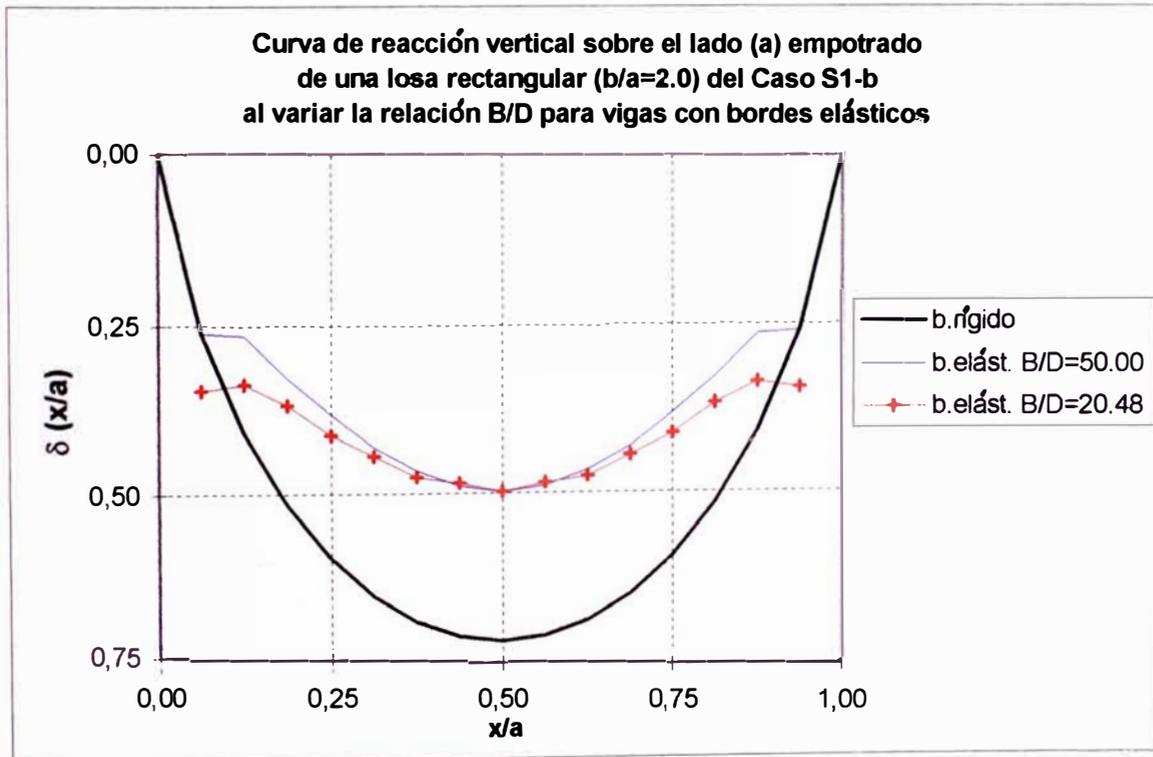


Gráfico 2.47. : Variación de la curva de reacción vertical para el lado (a) empotrado de una losa rectangular ($b/a=2.0$) del Caso S1-b.

2.3.7. Influencia de la combinación de bordes rígidos (muros) y bordes elásticos (vigas); análisis para el Caso S1-b, en una losa cuadrada ($b/a = 1.0$).

Es muy común en edificaciones, con sistemas estructurales a base de muros portantes, que losas rectangulares armadas en 2 sentidos, tengan algunos bordes apoyadas en muros (de albañilería o de concreto armado) y otros en vigas de concreto armado.

Como se piensa realizar un análisis para varios casos de condiciones de carga y condiciones de borde, considerando todos los bordes rígidos al desplazamiento vertical (pero no a los giros, dependiendo si es un borde simplemente apoyado o empotrado), se quiere evaluar la variación de la distribución de reacciones verticales en los bordes, al combinar bordes rígidos (muros) y bordes elásticos (vigas) en una losa bidireccional..

Para esto se ha considerado analizar el Caso S1-b : Losa rectangular uniformemente cargada, 2 bordes opuestos simplemente apoyado (bordes 2 y 4) y los otros 2 empotrados (bordes 1 y 3); en dos Sub-casos :

En los Sub-casos analizados no se va ha considerar los valores de reacción vertical en las esquinas, porque en ellas se tiene la influencia de la interacción de apoyos y elementos de vigas, y no la interacción de losa y vigas que es lo que nos interesa.

SUB-CASO (a) : Caso S1-b; losa cuadrada ($b/a = 1.0$) con el borde 1 rígido al desplazamiento vertical (muro) y el resto de bordes (2, 3, y 4) elásticamente apoyados (vigas).

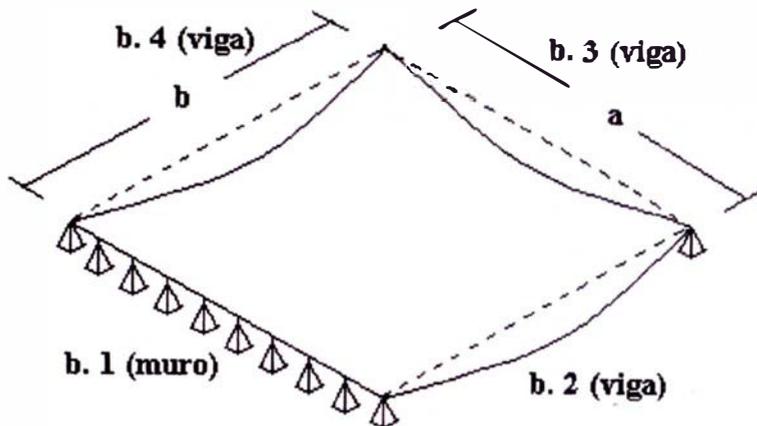


Fig. 2.17. : Borde 1 rígido al desplazamiento vertical (muro) y el resto de bordes elásticamente apoyados (vigas).

data para el programa SAP90 :

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES

SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.00	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.00	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1
2	16	1	R=1,1,1,1,1,1 : BORDE 1
274	288	1	R=1,1,0,1,0,1 : BORDE 3
18	256	17	R=1,1,0,0,0,1 : BORDE 4
34	272	17	R=1,1,0,0,0,1 : BORDE 2
1			R=1,1,1,1,1,1
17			R=1,1,1,1,1,1
273			R=1,1,1,1,0,1
289			R=1,1,1,1,0,1

FRAME

NM=1

1 D=.5 B=0.25 E=0.2174E7

1,1,2 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1

17,273,274 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1

33,1,18 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

49,17,34 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

POTENTIAL

1 289 1 P=1,1

SHELL

NM=1 P=-1

1 E=0.2174E7 U=0.2

1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.15,.15 G=16,16

Tabla 2.47. : Valores del coeficiente (δ) de reacción vertical sobre el Borde 1 empotrado, considerando solo el borde 1 rígido, y comparándolo para el caso analizado de todos los b. rígidos.

x/a	solo borde 1 rígido Sub-caso (a)	todos los bordes elásticos	todos los bordes rígidos
0.000			0.000
0.063	0.455	0.209	0.220
0.125	0.394	0.236	0.331
0.188	0.428	0.276	0.402
0.250	0.474	0.302	0.450
0.313	0.510	0.324	0.482
0.375	0.536	0.333	0.502
0.438	0.552	0.347	0.513
0.500	0.557	0.347	0.517
0.563	0.552	0.347	0.513
0.625	0.536	0.333	0.502
0.688	0.510	0.324	0.482
0.750	0.474	0.302	0.450
0.813	0.428	0.276	0.402
0.875	0.394	0.236	0.331
0.938	0.455	0.209	0.220
1.000			0.000

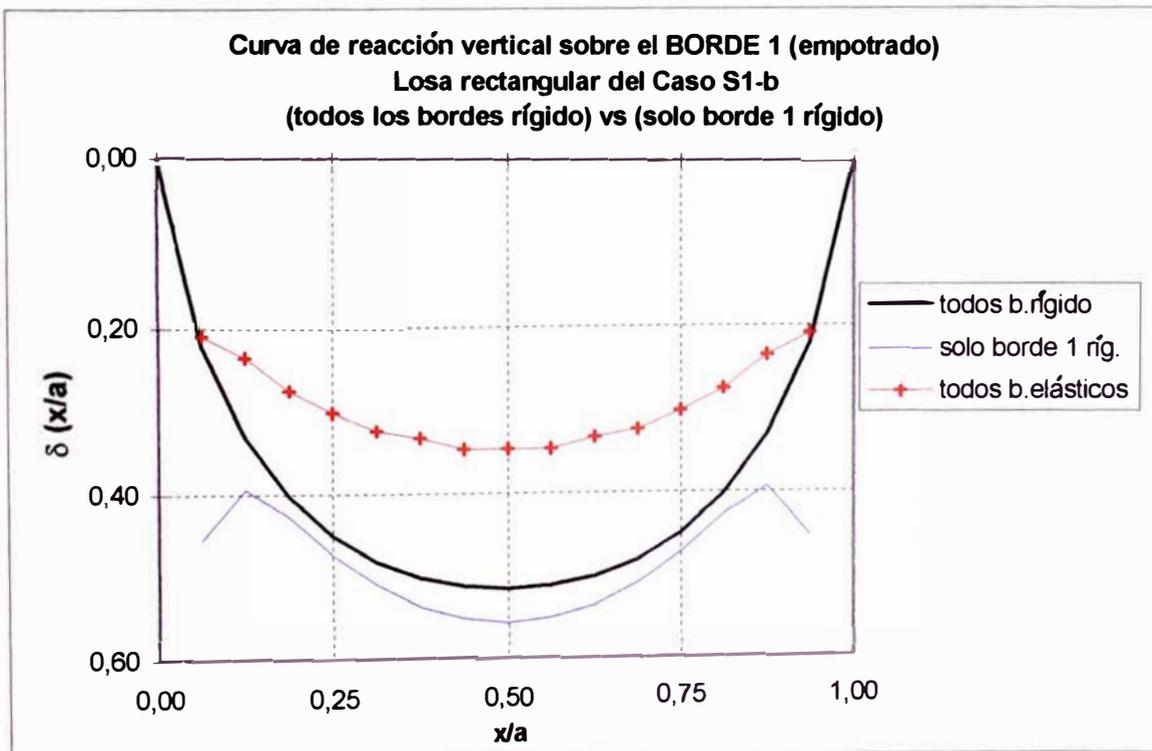


Gráfico 2.48. : Variación de la curva de reacción vertical sobre el borde 1; considerando solo el borde 1 restringido al desplazamiento vertical.

Tabla 2.48. : Valores del coeficiente (δ) de reacción vertical sobre el Borde 2 articulado, considerando solo el borde 1 rígido, y comparándolo para el caso analizado de todos los b. rígidos.

y/b	solo borde 1 rígido Sub-caso (a)	todos los bordes elásticos	todos los bordes rígidos
-0.500			-0.564
-0.438	-0.382	-0.036	-0.216
-0.375	-0.102	0.093	-0.027
-0.313	0.053	0.182	0.098
-0.250	0.151	0.236	0.187
-0.188	0.213	0.271	0.248
-0.125	0.253	0.289	0.289
-0.063	0.276	0.307	0.312
0.000	0.298	0.302	0.319
0.063	0.298	0.307	0.312
0.125	0.293	0.289	0.289
0.188	0.284	0.271	0.248
0.250	0.258	0.236	0.187
0.313	0.218	0.182	0.098
0.375	0.147	0.093	-0.027
0.438	0.062	-0.036	-0.216
0.500			-0.564

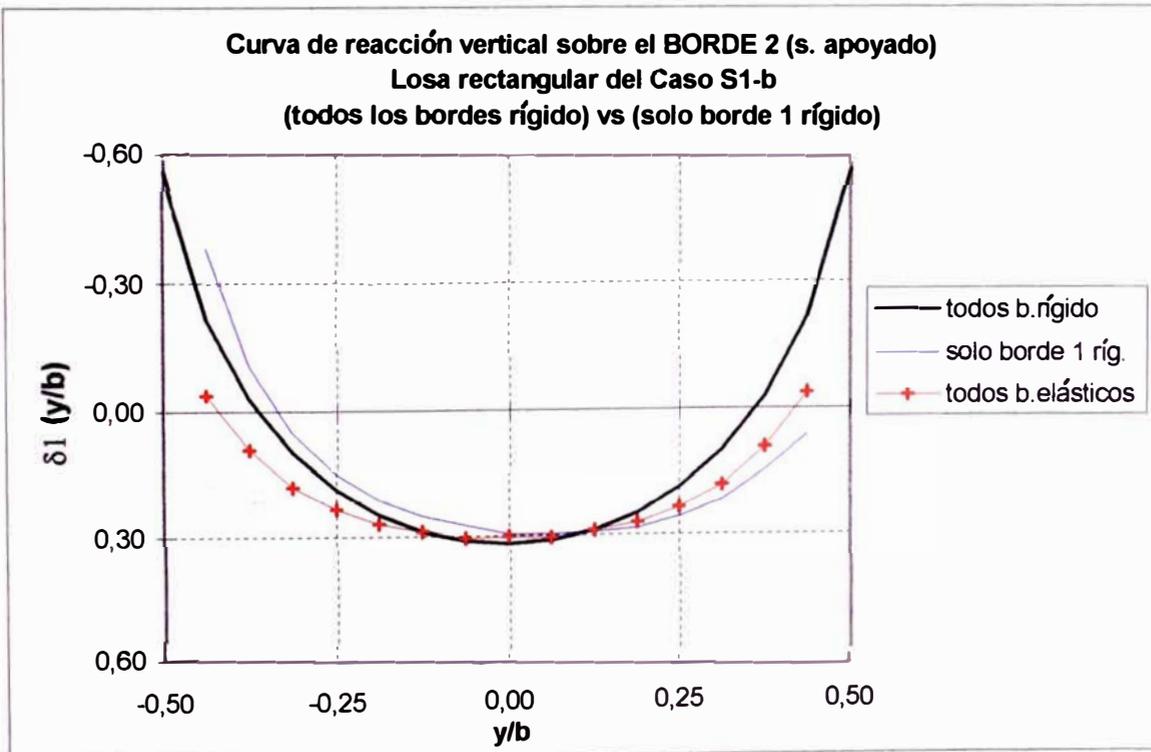


Gráfico 2.49. : Variación de la curva de reacción vertical sobre el borde 2; considerando solo el borde 1 restringido al desplazamiento vertical.

Tabla 2.49. : Valores del coeficiente (δ) de reacción vertical sobre el Borde 3 empotrado, considerando solo el borde 1 rígido, y comparándolo para el caso analizado de todos los b. rígidos.

x/a	solo borde 1 rígido Sub-caso (a)	todos los bordes elásticos	todos los bordes rígidos
0.000			0.000
0.063	0.138	0.209	0.220
0.125	0.187	0.236	0.331
0.188	0.231	0.276	0.402
0.250	0.262	0.302	0.450
0.313	0.284	0.324	0.482
0.375	0.293	0.333	0.502
0.438	0.298	0.347	0.513
0.500	0.302	0.347	0.517
0.563	0.298	0.347	0.513
0.625	0.293	0.333	0.502
0.688	0.284	0.324	0.482
0.750	0.262	0.302	0.450
0.813	0.231	0.276	0.402
0.875	0.187	0.236	0.331
0.938	0.138	0.209	0.220
1.000			0.000

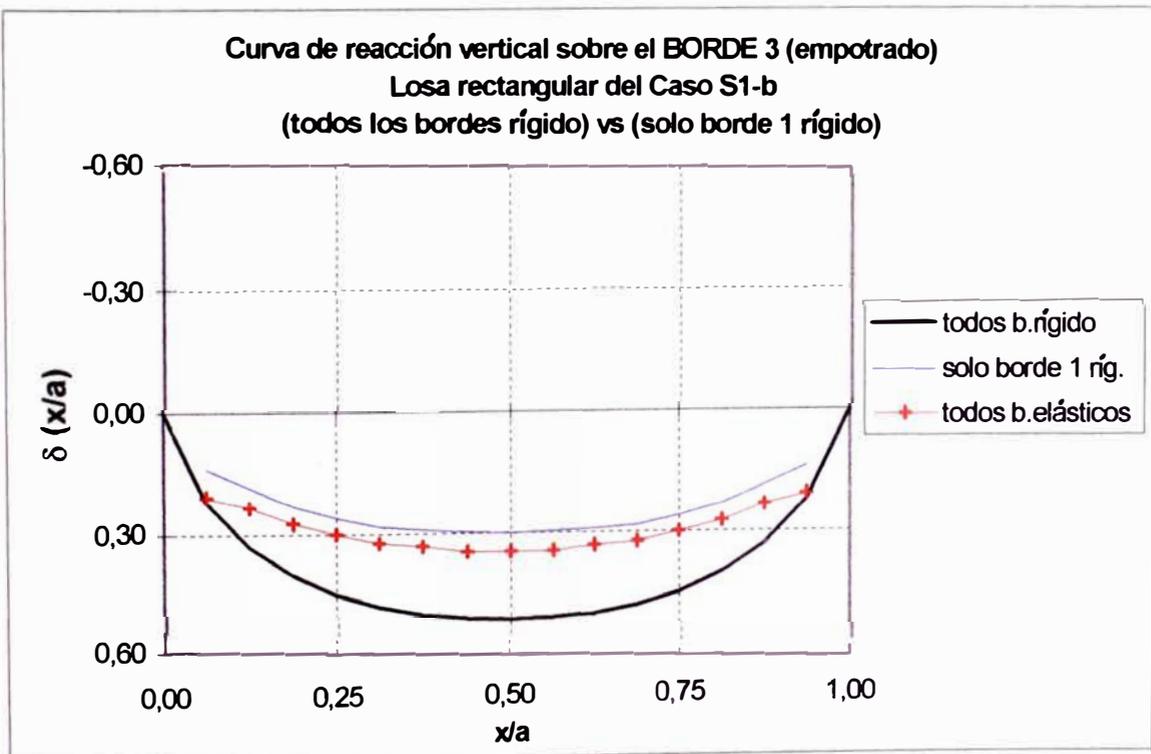


Gráfico 2.50. : Variación de la curva de reacción vertical sobre el borde 3; considerando solo el borde 1 restringido al desplazamiento vertical.

SUB-CASO (b): Caso S1-b; losa cuadrada ($b/a = 1.0$) con el borde 2 rígido al desplazamiento vertical (muro) y el resto de bordes (1, 3, y 4) elásticamente apoyados (vigas).

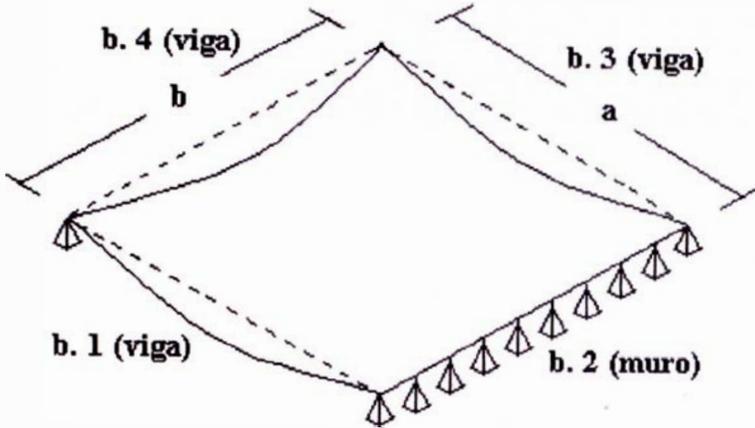


Fig. 2.18. : Borde 2 rígido al desplazamiento vertical (muro) y el resto de bordes elásticamente apoyados (vigas).

data para el programa SAP90 :

LOSA ALIGERADA EN 2 DIRECCIONES

SYSTEM

L=1

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
17	X=6.00	Y=0	Z=0	
273	X=0	Y=6.0	Z=0	
289	X=6.00	Y=6.0	Z=0	Q=1,17,273,289,1,17

RESTRAINTS

1	289	1	R=1,1,0,0,0,1
2	16	1	R=1,1,0,1,0,1 : BORDE 1
274	288	1	R=1,1,0,1,0,1 : BORDE 3
18	256	17	R=1,1,0,0,0,1 : BORDE 4
34	272	17	R=1,1,1,1,0,1 : BORDE 2
1			R=1,1,1,1,0,1
17			R=1,1,1,1,0,1
273			R=1,1,1,1,0,1
289			R=1,1,1,1,0,1

FRAME

NM=1

1 D=.5 B=0.25 E=0.2174E7

1,1,2 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1

17,273,274 M=1 LP=2,0 G=15,1,1,1

33,1,18 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

49,17,34 M=1 LP=3,0 G=15,1,17,17

POTENTIAL

1 289 1 P=1,1

SHELL

NM=1 P=-1

1 E=0.2174E7 U=0.2

1 JQ=1,2,18,19 ETYPE=2 M=1 TH=.15,.15 G=16,16

Tabla 2.50. : Valores del coeficiente (δ) de reacción vertical sobre el Borde 1 empotrado, considerando solo el borde 2 rígido, y comparándolo para el caso analizado de todos los b. rígidos.

x/a	solo borde 2 rígido Sub-caso (b)	todos los bordes elásticos	todos los bordes rígidos
0.000			0.000
0.063	0.209	0.209	0.220
0.125	0.236	0.236	0.331
0.188	0.271	0.276	0.402
0.250	0.307	0.302	0.450
0.313	0.324	0.324	0.482
0.375	0.338	0.333	0.502
0.438	0.347	0.347	0.513
0.500	0.347	0.347	0.517
0.563	0.342	0.347	0.513
0.625	0.333	0.333	0.502
0.688	0.316	0.324	0.482
0.750	0.289	0.302	0.450
0.813	0.249	0.276	0.402
0.875	0.200	0.236	0.331
0.938	0.138	0.209	0.220
1.000			0.000

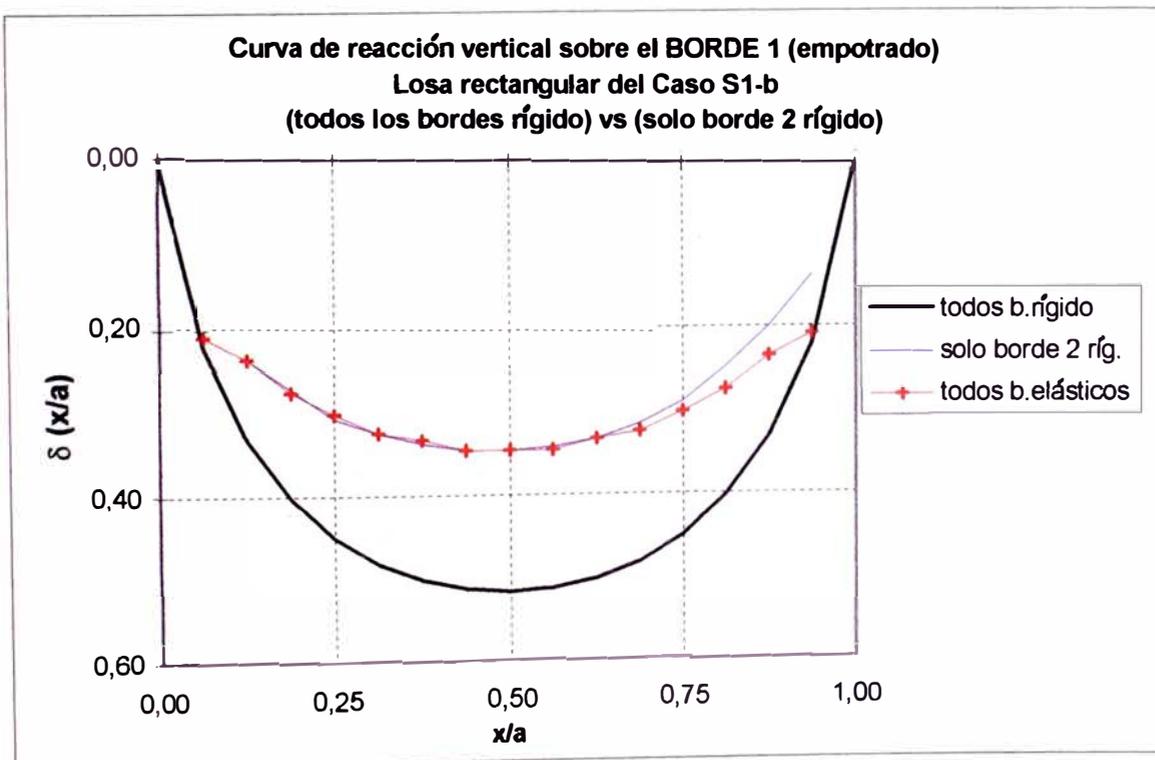


Gráfico 2.51. : Variación de la curva de reacción vertical sobre el borde 1; considerando solo el borde 2 restringido al desplazamiento vertical.

Tabla 2.51. : Valores del coeficiente (δ) de reacción vertical sobre el Borde 2 articulado, considerando solo el borde 1 rígido, y comparándolo para el caso analizado de todos los b. rígidos.

y/b	solo borde 2 rígido Sub-caso (b)	todos los bordes elásticos	todos los bordes rígidos
-0.500			-0.564
-0.438	-0.052	-0.036	-0.216
-0.375	0.084	0.093	-0.027
-0.313	0.208	0.182	0.098
-0.250	0.289	0.236	0.187
-0.188	0.343	0.271	0.248
-0.125	0.378	0.289	0.289
-0.063	0.398	0.307	0.312
0.000	0.404	0.302	0.319
0.063	0.398	0.307	0.312
0.125	0.378	0.289	0.289
0.188	0.343	0.271	0.248
0.250	0.289	0.236	0.187
0.313	0.208	0.182	0.098
0.375	0.084	0.093	-0.027
0.438	-0.052	-0.036	-0.216
0.500			-0.564

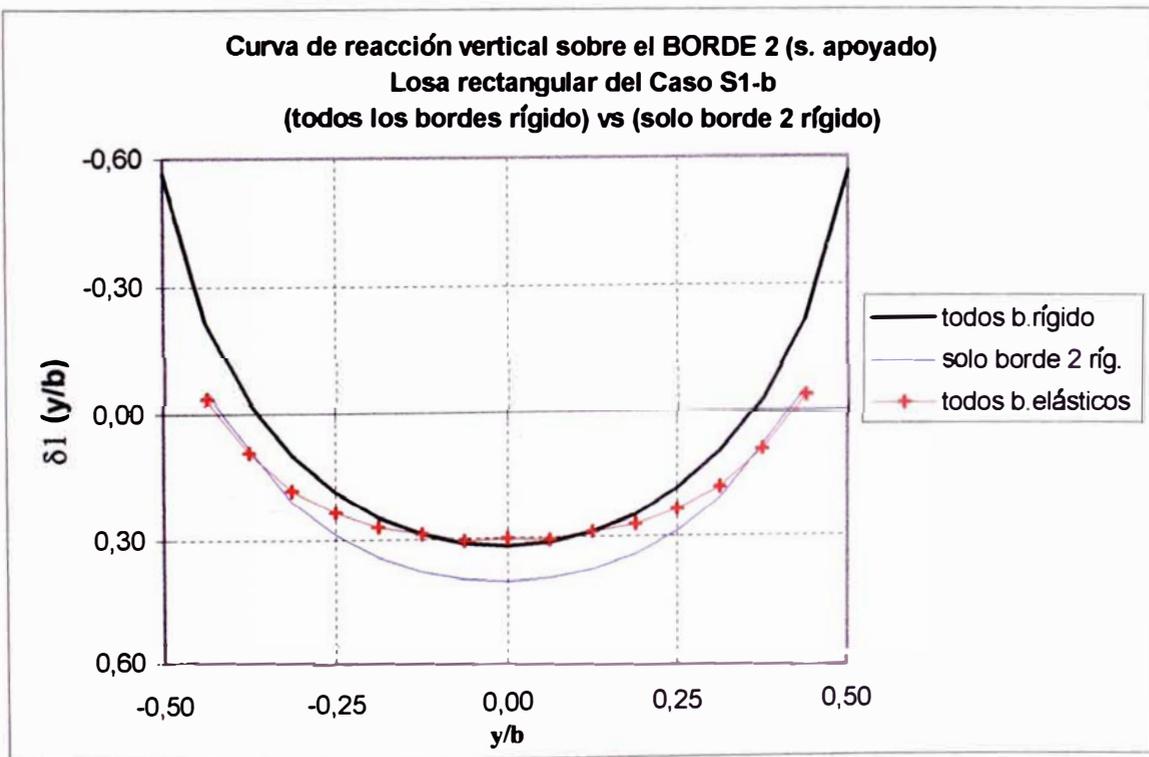


Tabla 2.52. : Valores del coeficiente (δ) de reacción vertical sobre el Borde 4 articulado, considerando solo el borde 1 rígido, y comparándolo para el caso analizado de todos los b. rígidos.

y/b	solo borde 2 rígido Sub-caso (b)	todos los bordes elásticos	todos los bordes rígidos
-0.500			-0.564
-0.438	-0.031	-0.036	-0.216
-0.375	0.093	0.093	-0.027
-0.313	0.182	0.182	0.098
-0.250	0.236	0.236	0.187
-0.188	0.271	0.271	0.248
-0.125	0.293	0.289	0.289
-0.063	0.302	0.307	0.312
0.000	0.302	0.302	0.319
0.063	0.302	0.307	0.312
0.125	0.293	0.289	0.289
0.188	0.271	0.271	0.248
0.250	0.236	0.236	0.187
0.313	0.182	0.182	0.098
0.375	0.093	0.093	-0.027
0.438	-0.031	-0.036	-0.216
0.500			-0.564

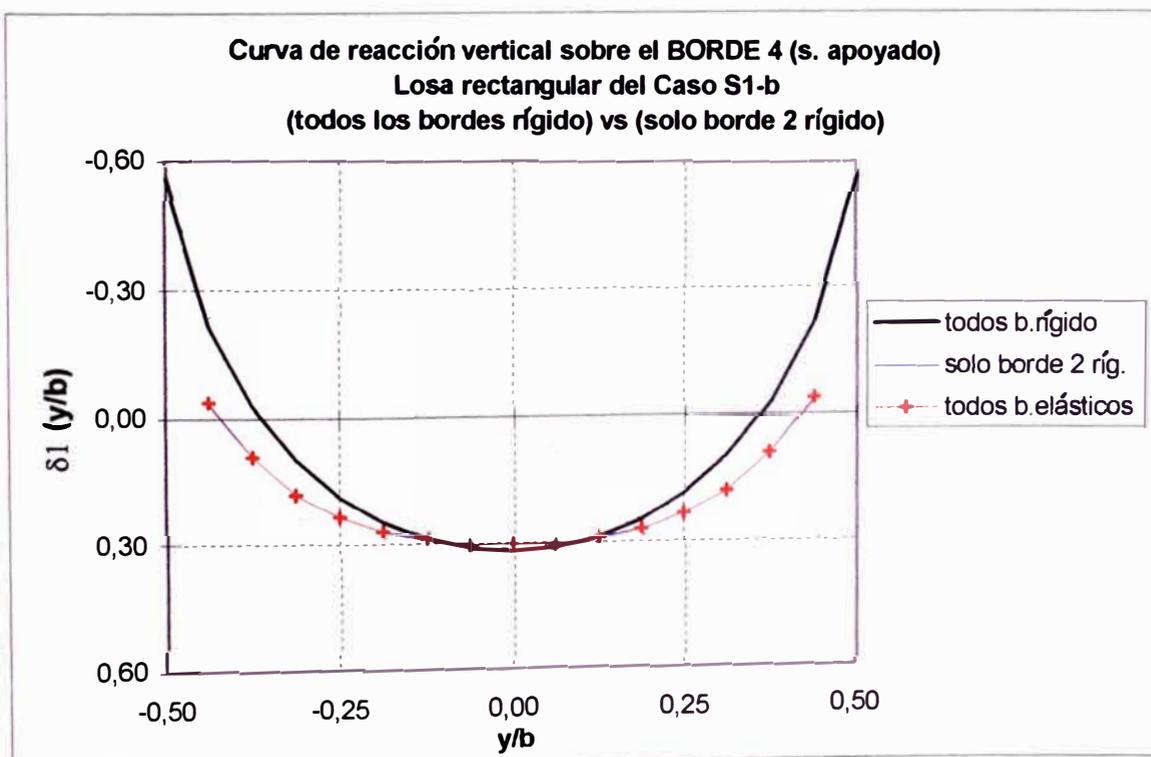


Gráfico 2.53. : Variación de la curva de reacción vertical sobre el borde 4; considerando solo el borde 2 restringido al desplazamiento vertical.

COMENTARIO

- Para los Sub-casos (a) y (b), puede notarse una tendencia algo previsible de la curva de reacción vertical, ya sea hacia la condición de todos los bordes rígidos, o todos los bordes elásticos (ambos para la misma condición de carga y de borde de la losa en cuanto al giro - empotrado o articulado -).

El borde 1 (para el Sub-caso a) y el borde 2 (para el Sub-caso b) que es el único que se ha considerado como rígido al desplazamiento vertical (aparte de la condición de borde en cuanto al giro por analizarse el Caso S1-b), tiene una curva de reacción vertical semejante y muy cercana, si se considera el mismo Caso S1-b, pero con la condición de todos los bordes rígidos.

Los bordes 2, 3, y 4 (para el Sub-caso a) y los bordes 1, 3, y 4 (para el Sub-caso b), que se han considerado elásticos (aparte de la condición de borde en cuanto al giro del Caso S1-b), tienen una curva de reacción vertical muy semejante y cercana, si se considera el Caso S1-b con la condición de todos los bordes elásticos (esto para la misma relación de rigideces B/D en los bordes elásticos).

- Por otra parte se puede generalizar esto, para las diferentes condiciones de carga y diferentes condiciones de borde, en cuanto a la forma de la curva (de reacción vertical), pero no en cuanto a la diferencia en % que pudiera existir entre los valores comparados. Se necesita realizar un mayor análisis, y poder determinar un % de cobertura o margen de seguridad para poder extender la aplicación de losas con todos los bordes rígidos o todos los bordes elásticos, a casos de losas que consideren una combinación de bordes (rígidos y elásticos).

2.3.8. Influencia de la escala de dimensiones de una losa, en las curvas de reacciones verticales normalizadas (valores δ) para una cierta relación de dimensiones de losa b/a .

De lo analizado en el Item 2.2, se establece que :

La reacción vertical en un borde de la losa, de manera general (para una condición de carga y de borde dada), se puede escribir como :

- Para una carga superficial :

$$V = \delta \cdot q \cdot a$$

- Para una carga puntual :

$$V = \delta \cdot \frac{P}{a}$$

Del mismo modo se llega a establecer :

- Para una carga lineal :

$$V = \delta \cdot q_L$$

Donde :

V	=	reacción vertical en el borde de una losa
q	=	carga superficial sobre la losa
P	=	carga concentrada sobre la losa
q _L	=	carga lineal sobre la losa
a	=	dimensión menor (entre el largo y ancho) de la losa
δ	=	coeficiente para la determinación del valor de reacción vertical en el borde de la losa.

El termino del coeficiente (δ) para la reacción vertical en un borde, varia según la condición de carga y de borde se imponga a la losa.

Del Item 2.2 , se tiene que :

- Para el Caso S1-a : Losa rectangular uniformemente cargada y 4 bordes simplemente apoyado

para el borde $y = -\frac{b}{2}$ (lado a):

$$\delta = \frac{2}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2 ch^2 \alpha_m} [(3 - \nu) \cdot ch \alpha_m sh \alpha_m - (1 - \nu) \cdot \alpha_m] \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}$$

para el borde $x=0$ (lado b):

$$\delta = \frac{1}{2} - \frac{2}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2 ch^2 \alpha_m} [(1 - \nu) \cdot \varphi_{my} ch \alpha_m sh \varphi_{my} - \{(1 - \nu) \cdot \alpha_m sh \alpha_m - 2 \cdot ch \alpha_m\} ch \varphi_{my}]$$

- Para el Caso P1-a : Losa rectangular bajo una carga concentrada en el centro de la losa y 4 bordes simplemente apoyado.

para el borde $y = \frac{b}{2}$ (lado a) :

$$\delta = -\frac{1}{2} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} [(1 - \nu) \cdot \alpha_m th \alpha_m + 2] \cdot \frac{\text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a} \cdot \text{sen} \frac{m\pi \cdot x}{a}}{ch \alpha_m}$$

para el borde $x=0$ (lado b):

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left[\{3 - \nu - (1 - \nu) \cdot \alpha_m th \alpha_m\} \cdot sh \frac{\alpha_m (b - 2y)}{b} + (1 - \nu) \cdot \frac{\alpha_m (b - 2y)}{b} \cdot ch \frac{\alpha_m (b - 2y)}{b} \right] \cdot \frac{\text{sen} \frac{m\pi \cdot \xi}{a}}{ch \alpha_m}$$

Donde :

$$\alpha_m = \frac{m\pi.b}{2a}$$

- a y b = Dimensiones de la losa (a // al eje X, y b // al eje Y)
 v = Coeficiente de Poisson (se ha considerado 0.20 en esta investigación)

Como puede verse en las expresiones de (δ), estos no están en función directa y en forma independiente de las dimensiones de la losa, pero si están en función de la relación de las dimensiones (b/a) de la losa a través de α_m (las dimensiones de la losa están incluidas dentro de los argumentos de las funciones trigonométricas e hiperbólicas; las que se convierten al final en fracciones al reemplazar x e y, para un determinado valor)

El programa SAP90, arroja resultados de fuerza puntual de reacción vertical en los nudos (para cualquier condición de carga - superficial, lineal o puntual -) definidos a lo largo de los bordes de la losa analizada; por ello para poder determinar el valor de la reacción vertical (como carga distribuida) y del valor del coeficiente (δ), se procede de la siguiente manera :

$$V = \frac{\text{Valor_Carga_puntual_nudo}_{SAP90}}{\text{Longitud_tributaria}}$$

Luego para determinar el coeficiente (δ), y esto para una condición de :
 carga superficial :

$$\delta = V \cdot \frac{1}{q \cdot a}$$

carga puntual :

$$\delta = V \cdot \frac{a}{P}$$

carga lineal :

$$\delta = V \cdot \frac{1}{q_L}$$

COMENTARIOS :

- Para una cierta condición de carga y de borde dada; y para un cierto valor de la relación de dimensiones de la losa b/a (dimensión mayor entre la dimensión menor), la forma de la curva de reacción vertical en los bordes, y por consiguiente los coeficientes (δ) es el mismo, independientemente del valor de la carga, y de los valores de la dimensiones de la losa.

Es decir; Para las losas (armadas en dos sentidos) de dimensiones : 2.00 x 2.50 m., 6.00 x 7.50 m., y 10.00 x 12.50 m., (todos tienen una relación $b/a = 1.25$) analizadas bajo la mismas condiciones de carga (superficial, lineal o puntual) y de borde (bordes empotrados, y/o articulados); tendrán para cada borde, la misma forma de la curva de reacción vertical y los mismos coeficientes (δ).

- La misma conclusión del comentario anterior, también se extiende para losas con bordes elásticos (vigas). Debe cumplir además de las condiciones de carga y de borde (giros) de la losa, la relación de rigideces entre las vigas de borde y la losa.

CAPITULO 3

**Análisis y selección de la mejor carga distribuida
equivalente a la distribución de reacciones sobre
apoyos de losas bidireccionales**

CAPITULO

3

**ANALISIS Y SELECCION DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA
EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCION DE REACCIONES SOBRE
APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES****3.1. Generalidades**

Luego del estudio de la distribución de reacciones sobre los apoyos de la losa bidireccional para los casos analizados, se procederá a seleccionar aquella carga distribuida conocida que le sea muy semejante.

Esto con el propósito de que el efecto producido sobre el apoyo (que puede ser una viga que forma parte de un pórtico, o un muro) por una losa bidireccional cargada, pueda ser sustituida por esta carga distribuida propuesta y analizar en forma independiente este apoyo.

Para facilitar el análisis del apoyo es que se propone una carga distribuida sencilla y conocida

3.2. Análisis de losas bidireccionales por el método de elementos finitos.

3.2.1. Suposiciones

El análisis se realiza en un paño de losa, en el que las condiciones de borde en los apoyos, pueden ser manejados de modo que el paño de losa puede considerarse aislado o continuo en 1, 2, 3 o 4 bordes.

El procedimiento realizado puede resumirse en :

- Para las reacciones verticales normalizadas :

Se toman los resultados del archivo con extensión SOL, que proporciona resultados de reacciones puntuales definidos en los bordes del paño de losa, los cuales se normalizan dividiendo estos valores entre la carga total que es impuesta a la losa.

Para obtener la carga distribuida este se multiplica entre el número de espaciamientos en el que se ha dividido la longitud de los apoyos (malla de 16x16).

carga uniforme lineal : (q en : peso / longitud)

Lado “a”

$$\left(\frac{R_a}{q a}\right) \times 16$$

Lado “b”

$$\left(\frac{R_b}{q a}\right) \times \left(\frac{a}{b}\right) \times 16$$

donde : a/16 es espacimento en el lado “a” de la losa

b/16 es espacimento en el lado “b” de la losa

y recordando que la relación de una carga puntual entre espaciamiento (R/s) es carga distribuida. (V)

Entonces :

Lado “a”

$$\frac{R_a}{q s_a}$$

$$\frac{V_a}{q} = \delta_a$$

Lado “b”

$$\frac{R_b}{q s_b}$$

$$\frac{V_b}{q} = \delta_b$$

donde : δ es coeficiente para la determinación de la carga distribuida
(Ver Item 2.2)

carga uniforme superficial : (q en : peso / superficie)

Lado “a”	Lado “b”
$(\frac{R_a}{q a b})x(\frac{b}{a})x16$	$(\frac{R_b}{q a b})x16$

donde : $a/16$ es espacimento en el lado “a” de la losa

$b/16$ es espacimento en el lado “b” de la losa

y recordando que la relación de una carga puntual entre espaciamiento (R/s)
es carga distribuida. (V)

Entonces :

Lado “a”	Lado “b”
$\frac{R_a}{q a s_a}$	$\frac{R_b}{q a s_b}$
$\frac{V_a}{q a} = \delta_a$	$\frac{V_b}{q a} = \delta_b$

donde : δ es el coeficiente para la determinación de la reacción vertical
en los bordes (apoyos) de la losa (Ver Item 2.2)

- Para los momentos torsores :

Se toman los resultados del archivo con extensión F4F, que proporciona resultados de momentos por unidad de longitud en los elementos SHELL definidos para modelar la losa. Para los cuales se normalizan dividiendo estos valores entre la carga total que es impuesta a la losa.

carga uniforme lineal : (q en : peso / longitud)

Lado “a”	Lado “b”
$(\frac{Mt_a}{q a}) = \delta_a$	$(\frac{Mt_b}{q a}) = \delta_b$

carga uniforme superficial : (q en : peso / superficie)

Lado "a"

$$\left(\frac{M_t}{q} \frac{a}{a b}\right) = \delta_t a$$

Lado "b"

$$\left(\frac{M_t}{q} \frac{b}{a b}\right) = \delta_t b$$

donde: δ_t es el coeficiente para la determinación de los momentos torsores en los bordes (apoyos) de la losa (Ver Item 2.2)

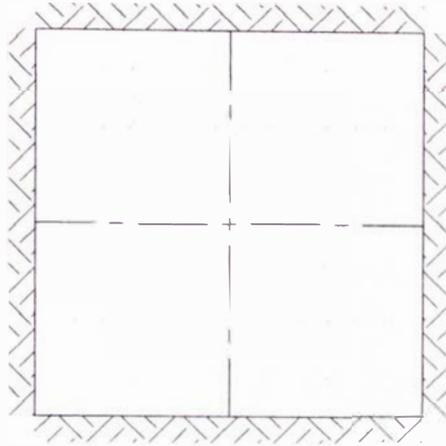
Para el análisis de los paños de losa en el presente estudio, se emplea un modelo con restricción al desplazamiento vertical de los bordes (apoyos), pero los resultados obtenidos, pueden extenderse a los siguientes casos:

- Los bordes de los paños de la losa bidireccional están apoyados en vigas (muy rígidas). Ver Item 2.3.6., "Influencia de la rigidez de la viga respecto a la rigidez de la losa".
- Un borde apoyado en un muro de albañilería, equivale a una restricción al desplazamiento vertical, mas el giro (simplemente apoyado o empotrado) depende de la continuidad o no con otro paño de losa en ese borde (es recomendable que las longitudes de los paños de las losas sean similares).
- Un borde empotrado y restringido al desplazamiento vertical correspondería a un muro de concreto armado (placa) que es continuo con el paño de losa.

3.2.2. Condiciones de borde.

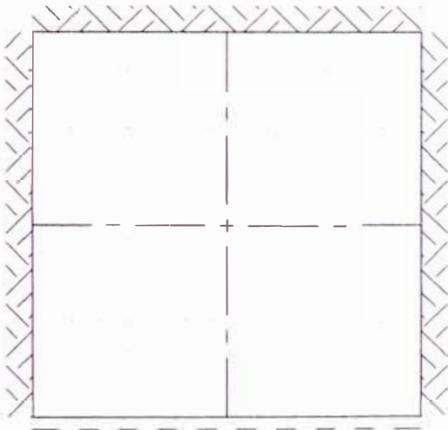
Cada caso de carga distribuida considerado, se analiza bajo 16 combinaciones de condiciones de borde en los apoyos; y estas son (para la identificación de cada combinación de carga, se enumera a continuación):

- 4 bordes empotrados

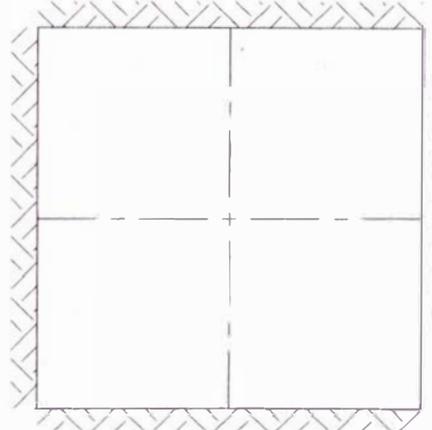


01. Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

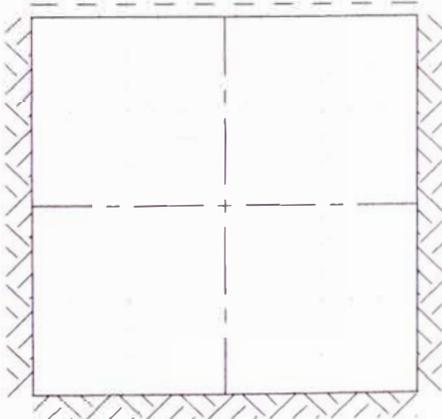
- 3 bordes empotrados y 1 borde simplemente apoyado (este a su vez tiene 4 sub-casos, por la distinta ubicación del borde simplemente apoyado)



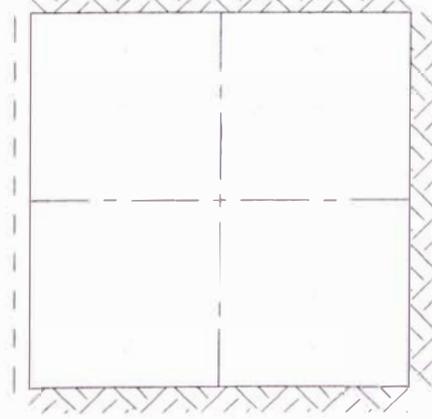
02. Borde 1 simplemente apoyado y bordes 2, 3 y 4 empotrados



03. Borde 2 simplemente apoyado y bordes 1, 3 y 4 empotrados

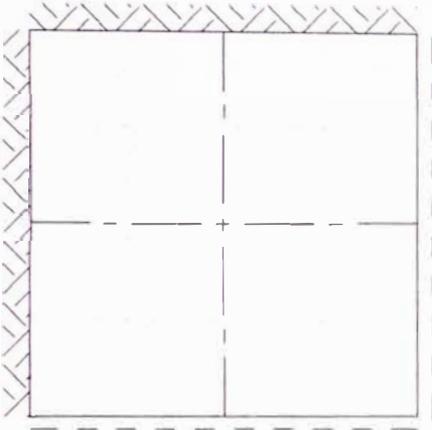


04. Borde 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

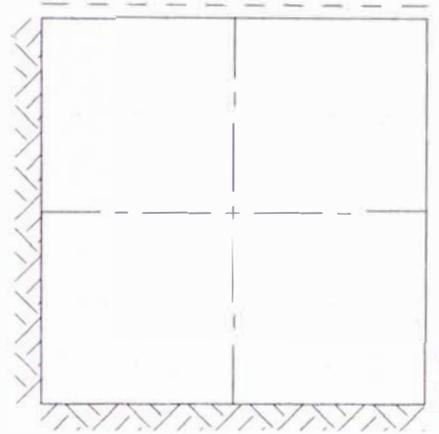


05. Borde 4 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 3 empotrados

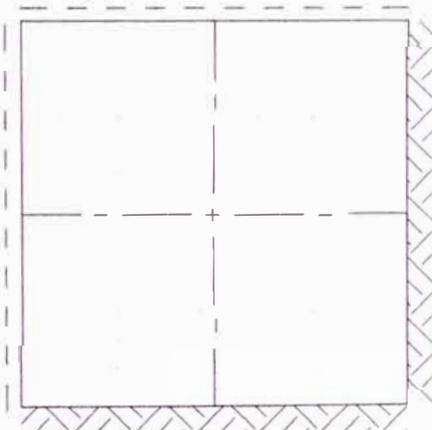
- 2 bordes empotrados y 2 bordes simplemente apoyados (este tiene 4 sub-casos con bordes simplemente apoyados continuos y 2 sub-casos con bordes simplemente apoyados no continuos)



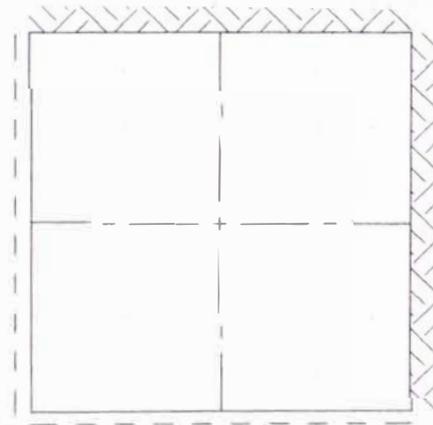
06. Bordes 1 y 2 simple apoyados y bordes 3 y 4 empotrados



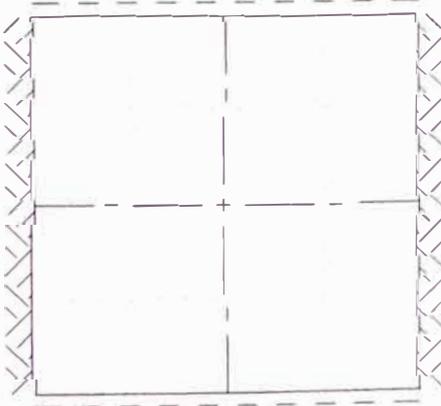
07. Bordes 2 y 3 simple apoyados y bordes 1 y 4 empotrados



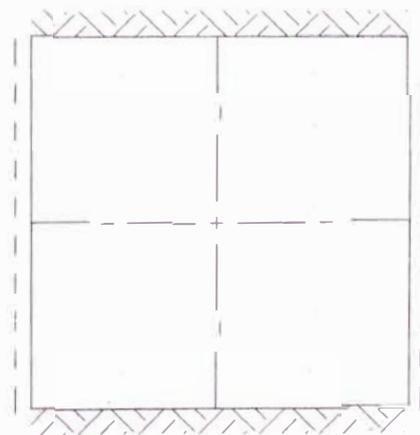
08. Bordes 3 y 4 simple apoyados y bordes 1 y 2 empotrados



09. Bordes 1 y 4 simple apoyados y bordes 2 y 3 empotrados

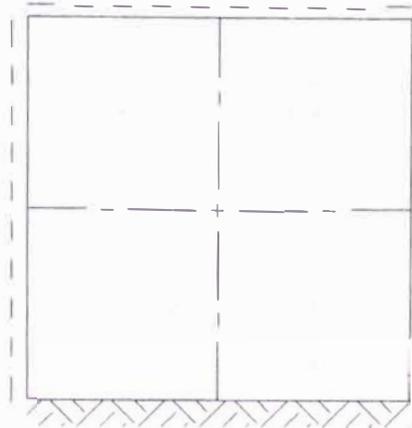
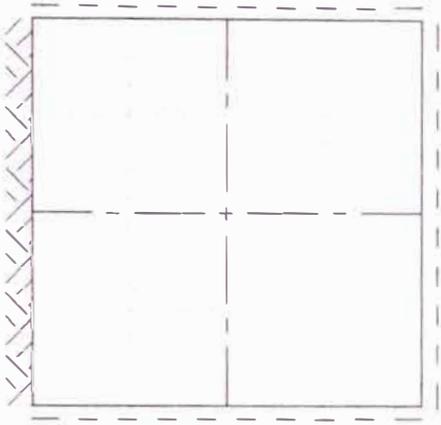


10. Bordes 1 y 3 simple apoyados y bordes 2 y 4 empotrados



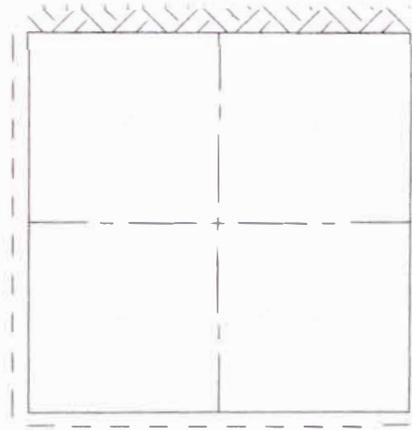
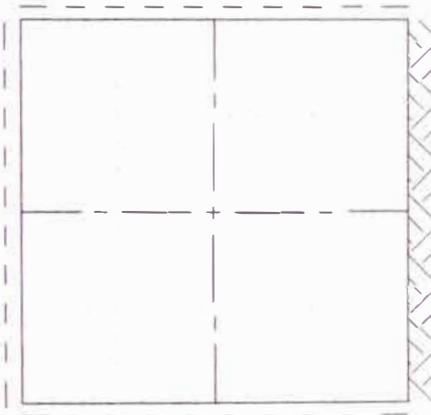
11. Bordes 2 y 4 simple apoyados y bordes 1 y 3 empotrados

- 1 borde empotrado y 3 bordes simplemente apoyados (se tiene 4 sub-casos por la distinta ubicación del borde empotrado)



12. Bordes 1, 2 y 3 simple apoyados y bordes 4 empotrado

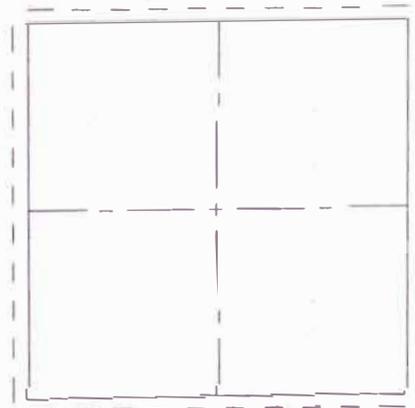
13. Bordes 2, 3 y 4 simple apoyados y borde 1 empotrado



14. Bordes 1, 3 y 4 simple apoyados y bordes 2 empotrado

15. Bordes 1, 2 y 4 simple apoyados y borde 3 empotrado

- 4 bordes simplemente apoyados



01. Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

Aprovechando las condiciones de simetría de la carga, algunos resultados son equivalentes (para ciertas condiciones de borde) solamente al rotar los bordes alrededor del eje central perpendicular al plano de la losa (rotación en contra de las manecillas del reloj); es por ello que es innecesario presentarlos:

- Las condiciones de borde 02 y 03, es equivalente a rotar 180° las condiciones de borde 04 y 05 respectivamente.
- Las condiciones de borde 06, 07 y 08, rotadas 270° , 180° y 90° respectivamente, es equivalente a la condición de borde 09.
- Las condiciones de borde 12 y 13, es equivalente a rotar 180° las condiciones de borde 14 y 15 respectivamente.

3.2.3. Resultados de esfuerzos normalizados; distribución de reacciones verticales y momentos torsores a lo largo de los apoyos de la losa bidireccional, para una carga lineal I1.

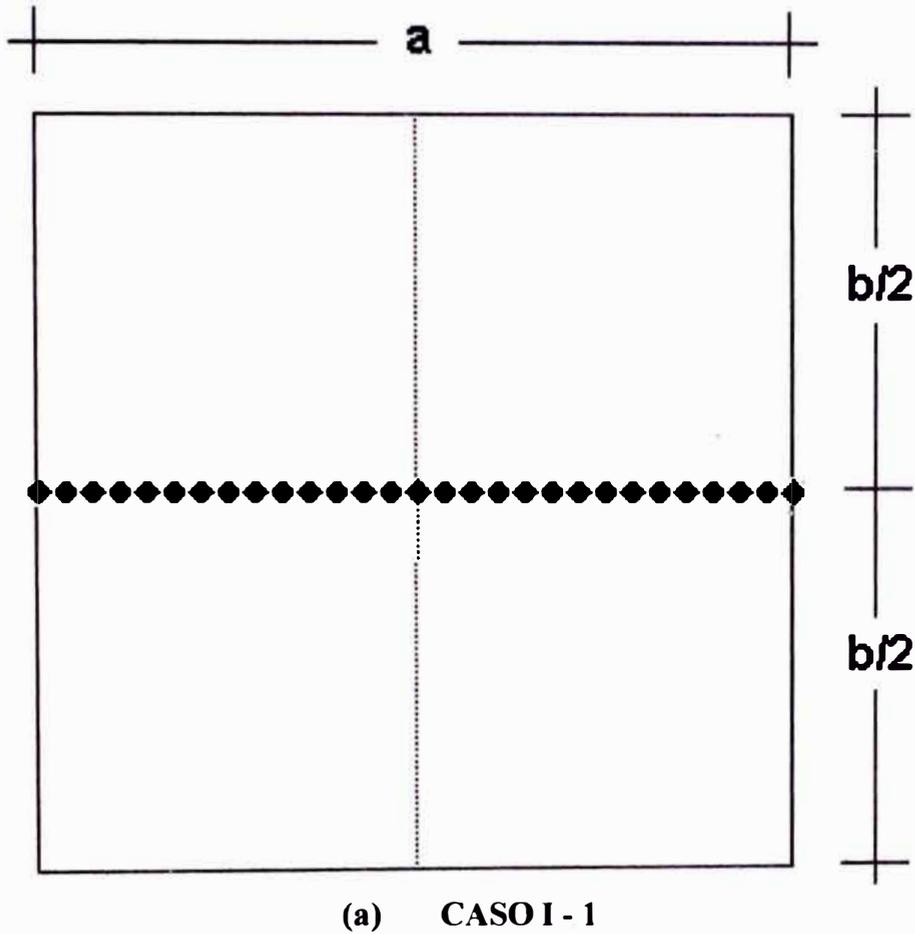


Fig. 3.1. : Carga lineal en forma de I.

**TABLA 3.II-01C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-01C : - Losa CUADRADA $b/a = 1.00$
- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

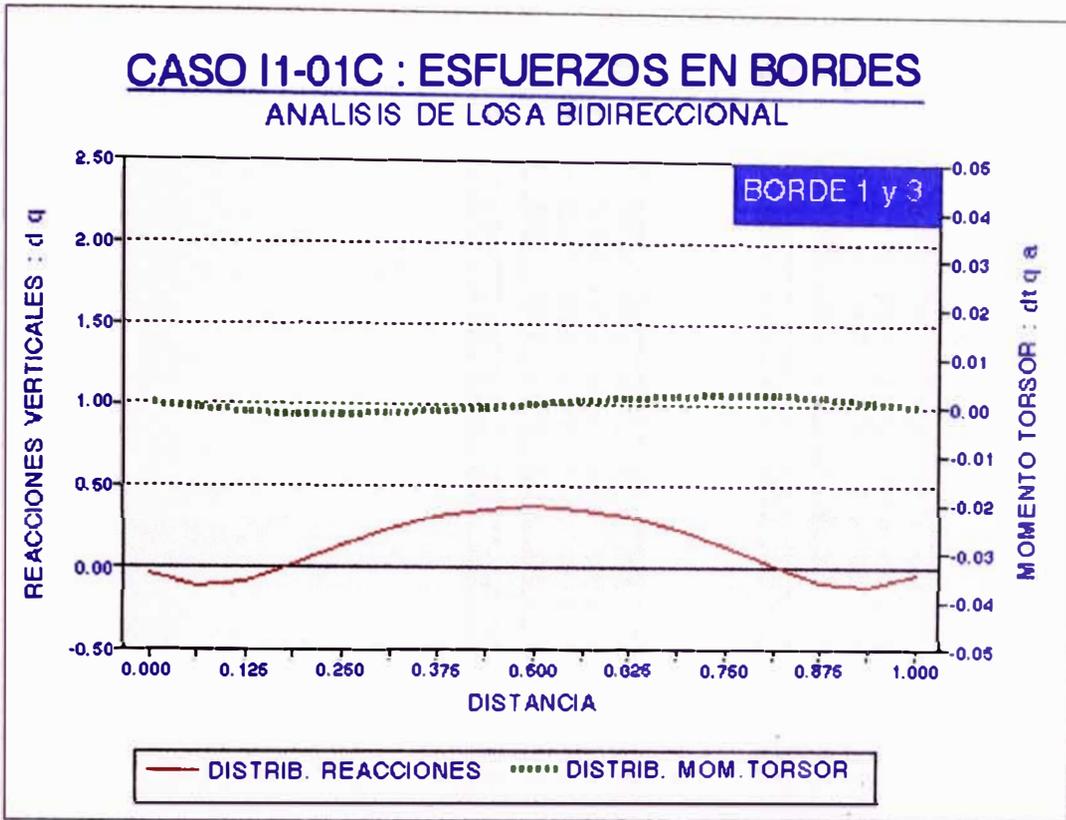
REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	-0.038	-0.109	-0.089	0.016	0.135	0.238	0.314	0.359	0.374	0.359	0.314	0.238	0.135	0.016	-0.089	-0.109	-0.038
	Borde 2	-0.038	-0.113	-0.102	0.001	0.148	0.338	0.609	1.105	2.002	1.105	0.609	0.338	0.148	0.001	-0.102	-0.113	-0.038
	Borde 3	-0.038	-0.109	-0.089	0.016	0.135	0.238	0.314	0.359	0.374	0.359	0.314	0.238	0.135	0.016	-0.089	-0.109	-0.038
	Borde 4	-0.038	-0.113	-0.102	0.001	0.148	0.338	0.609	1.105	2.002	1.105	0.609	0.338	0.148	0.001	-0.102	-0.113	-0.038

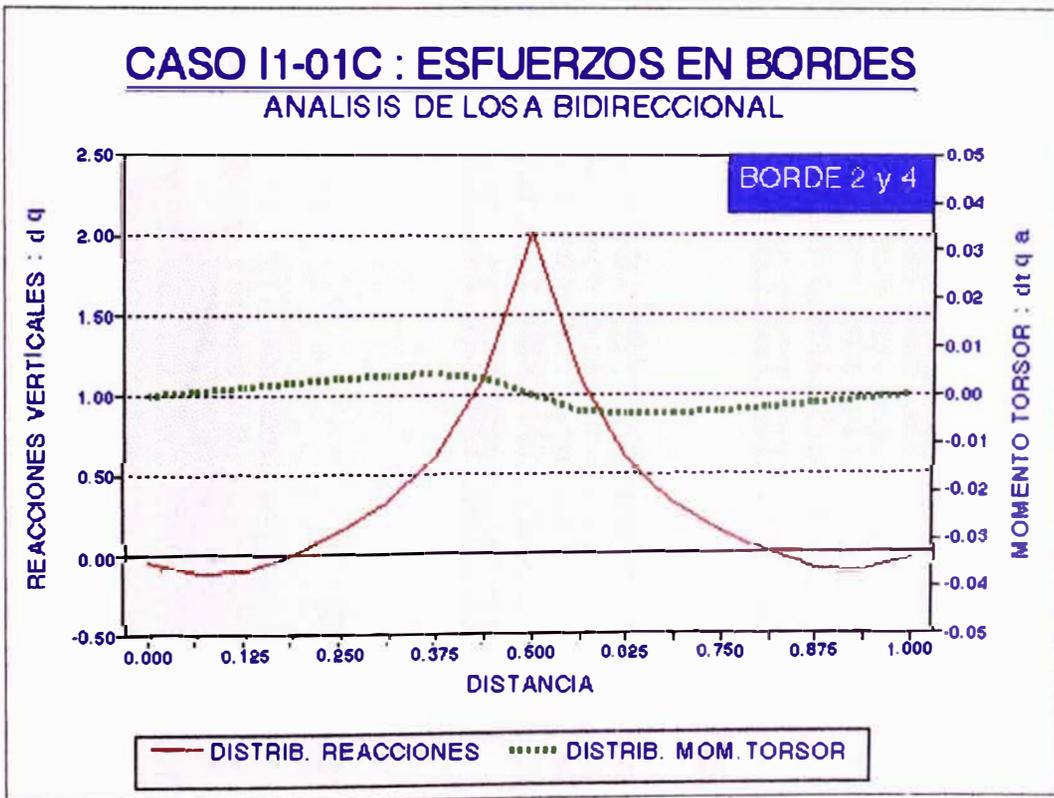
MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.000	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 3	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 4	0.000	-0.001	-0.002	-0.003	-0.003	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	0.000	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.001

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.



(a) B. empotrado



(b) B. empotrado

Gráfico 3.I1-01C : Distribución de esfuerzos en los bordes de una losa CUADRADA ($b/a=1.0$), bajo una carga lineal I1

TABLA 3.II-01R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS
CASO II-01R: Losa RECTANGULAR b/a = 2.00

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

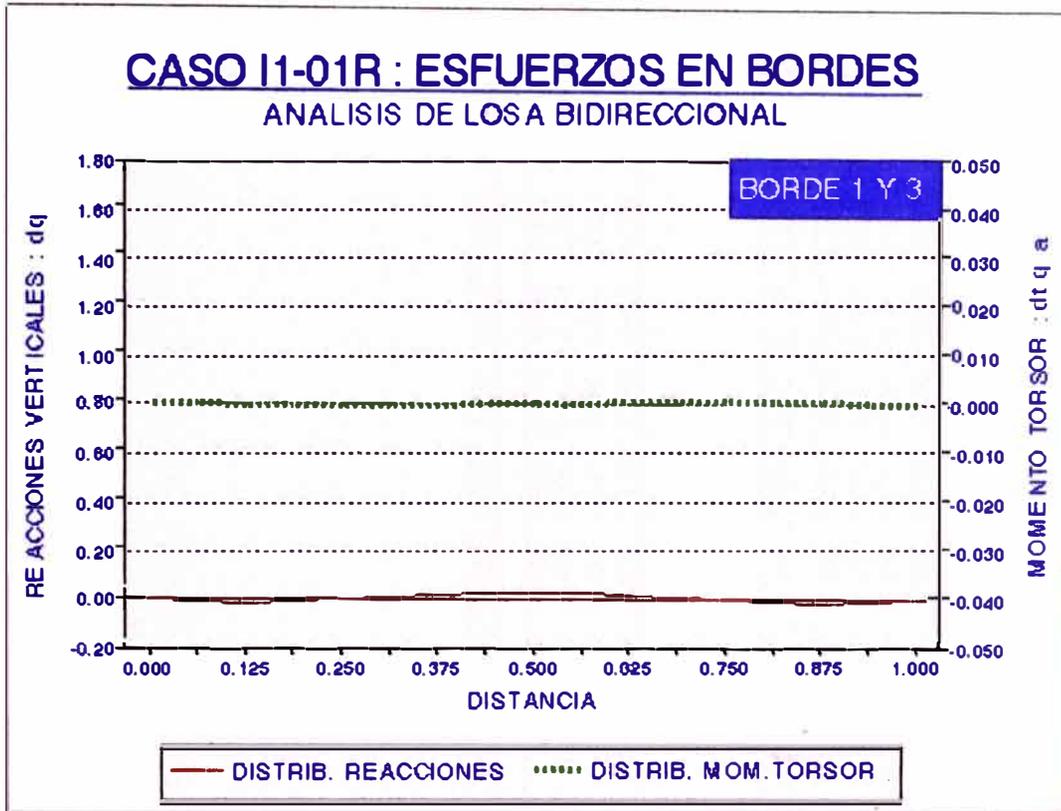
REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	-0.008	-0.012	-0.020	-0.016	-0.007	0.005	0.015	0.022	0.025	0.022	0.015	0.005	-0.007	-0.016	-0.020	-0.012	-0.008
	Borde 2	-0.004	-0.022	-0.022	-0.004	0.038	0.125	0.302	0.761	1.649	0.761	0.302	0.125	0.038	-0.004	-0.022	-0.022	-0.004
	Borde 3	-0.008	-0.012	-0.020	-0.016	-0.007	0.005	0.015	0.022	0.025	0.022	0.015	0.005	-0.007	-0.016	-0.020	-0.012	-0.008
	Borde 4	-0.004	-0.022	-0.022	-0.004	0.038	0.125	0.302	0.761	1.649	0.761	0.302	0.125	0.038	-0.004	-0.022	-0.022	-0.004

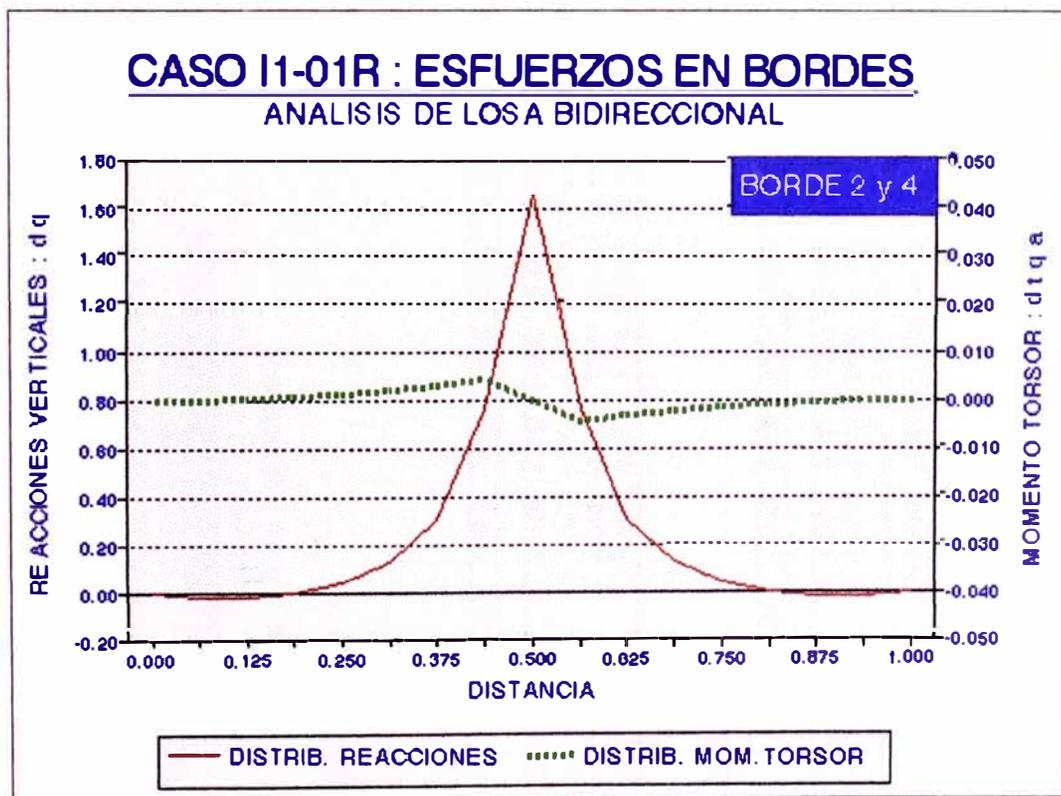
MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	Borde 2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.000	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	0.000
	Borde 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	0.000
	Borde 4	0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.000	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.



(a) B. empotrado



(b) B. empotrado

Gráfico 3.I1-01R : Distribución de esfuerzos en los bordes de una losa RECTANGULAR ($b/a=2.0$), bajo una carga lineal I1

TABLA 3.11-01Rm (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS

CASO I1-01Rm : - Losa RECTANGULAR - $b/a = 0.40$
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

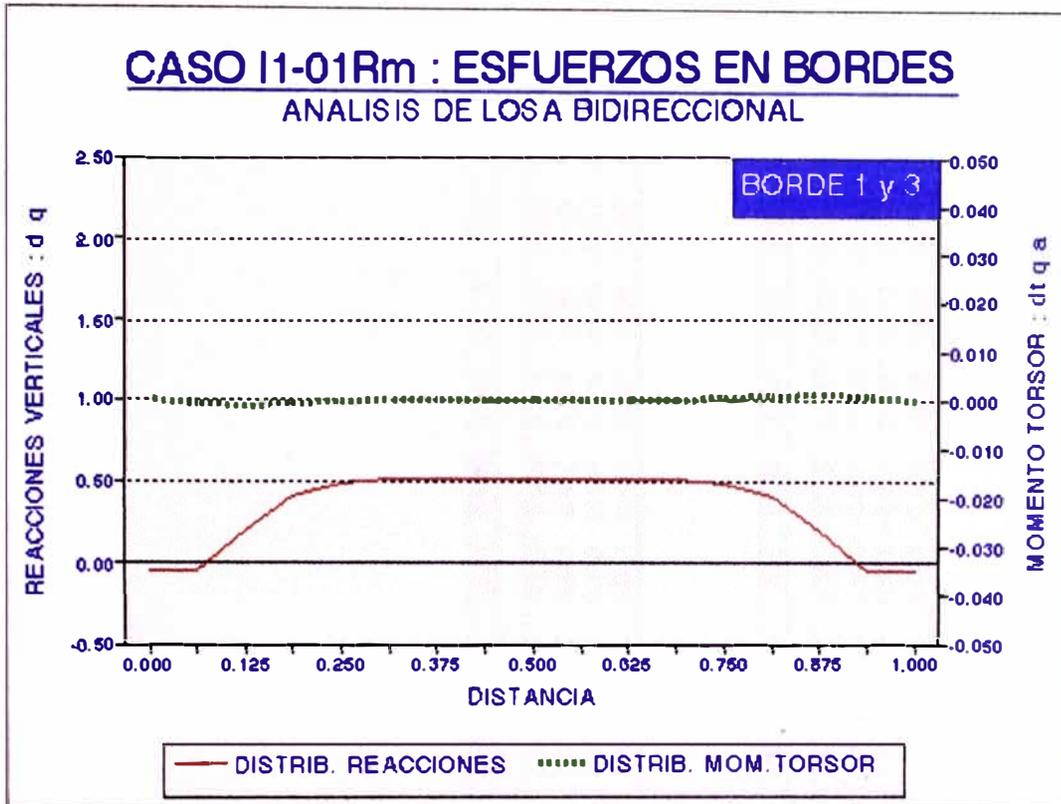
REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	-0.043	-0.052	0.205	0.405	0.491	0.517	0.520	0.517	0.516	0.517	0.520	0.517	0.491	0.405	0.205	-0.052	-0.043
	Borde 2	-0.107	-0.151	-0.124	-0.013	0.149	0.361	0.639	1.029	2.124	1.029	0.639	0.361	0.149	-0.013	-0.124	-0.151	-0.107
	Borde 3	-0.043	-0.052	0.205	0.405	0.491	0.517	0.520	0.517	0.516	0.517	0.520	0.517	0.491	0.405	0.205	-0.052	-0.043
	Borde 4	-0.107	-0.151	-0.124	-0.013	0.149	0.361	0.639	1.029	2.124	1.029	0.639	0.361	0.149	-0.013	-0.124	-0.151	-0.107

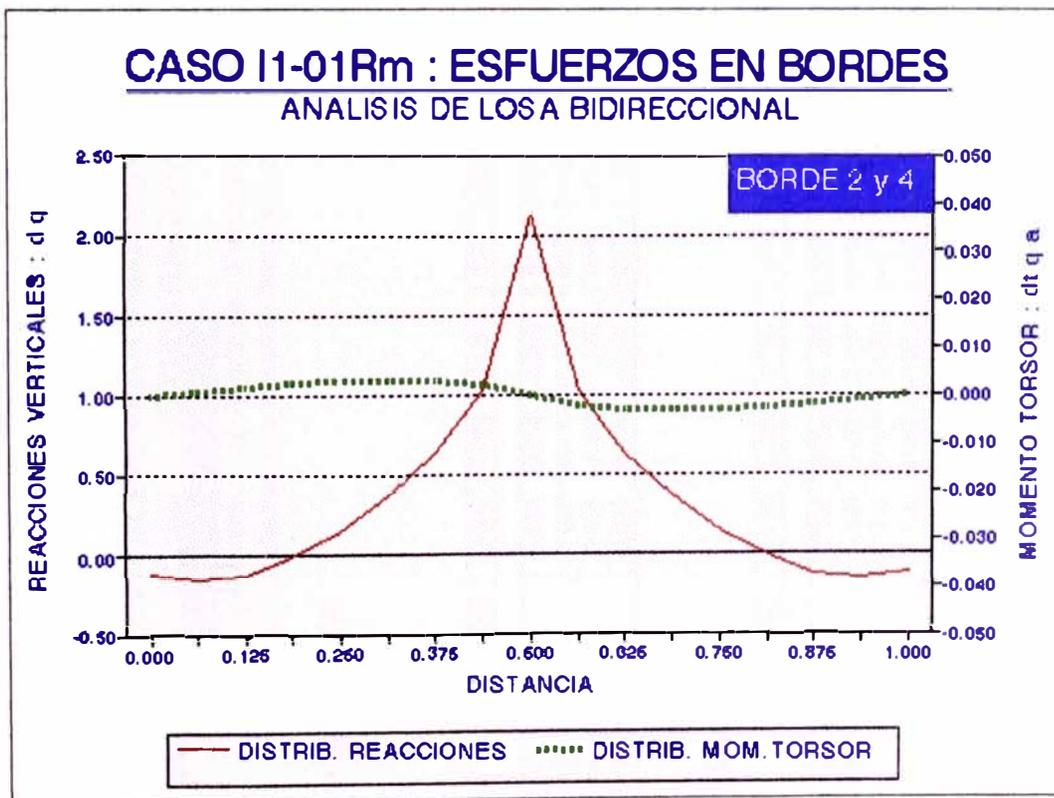
MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	-0.000	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 3	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	0.000
	Borde 4	0.000	-0.001	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.000	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.



(a) B. empotrado



(b) B. empotrado

Gráfico 3.I1-01Rm ; Distribución de esfuerzos en los bordes de una losa RECTANGULAR ($b/a=0.4$), bajo una carga lineal I1

**TABLA 3.I1-04C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO I1-04C : **- Losa CUADRADA : b/a = 1.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	-0.039	-0.116	-0.098	0.012	0.137	0.246	0.329	0.378	0.395	0.378	0.329	0.246	0.137	0.012	-0.098	-0.116	-0.039
	Borde 2	-0.039	-0.120	-0.112	-0.007	0.145	0.342	0.623	1.130	2.044	1.167	0.697	0.459	0.307	0.201	0.121	0.057	0.000
	Borde 3	-0.338	-0.283	-0.170	-0.063	0.031	0.106	0.159	0.191	0.201	0.191	0.159	0.106	0.031	-0.063	-0.170	-0.283	-0.338
	Borde 4	-0.039	-0.120	-0.112	-0.007	0.145	0.342	0.623	1.130	2.044	1.167	0.697	0.459	0.307	0.201	0.121	0.057	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.000	-0.003	-0.004	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002
	Borde 3	0.002	0.009	0.015	0.018	0.018	0.015	0.011	0.006	0.000	-0.006	-0.011	-0.015	-0.018	-0.018	-0.015	-0.009	-0.002
	Borde 4	0.000	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.000	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-04R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-04R : **- Losa RECTANGULAR b/a = 2.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Borde 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	-0.008	-0.012	-0.020	-0.016	-0.007	0.005	0.015	0.022	0.025	0.022	0.015	0.005	-0.007	-0.016	-0.020	-0.012	-0.008
	Borde 2	-0.004	-0.022	-0.022	-0.004	0.038	0.125	0.302	0.761	1.649	0.761	0.303	0.127	0.042	0.006	-0.006	-0.005	0.000
	Borde 3	-0.022	-0.026	-0.025	-0.020	-0.014	-0.007	-0.001	0.003	0.005	0.003	-0.001	-0.007	-0.014	-0.020	-0.025	-0.026	-0.022
	Borde 4	-0.004	-0.022	-0.022	-0.004	0.038	0.125	0.302	0.761	1.649	0.761	0.303	0.127	0.042	0.006	-0.006	-0.005	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	Borde 2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.000	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000
	Borde 3	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000
	Borde 4	0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.000	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-04Rm (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS.**

CASO I1-04Rm : **Losa RECTANGULAR $b/a = 0.40$**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Borde 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	-0.054	-0.086	0.216	0.477	0.612	0.671	0.694	0.702	0.704	0.702	0.694	0.671	0.612	0.477	0.216	-0.086	-0.054
	Borde 2	-0.134	-0.183	-0.167	-0.046	0.138	0.378	0.690	1.116	2.254	1.198	0.851	0.616	0.445	0.311	0.198	0.096	0.000
	Borde 3	-0.841	-0.240	0.052	0.220	0.298	0.327	0.336	0.337	0.336	0.337	0.336	0.327	0.298	0.220	0.052	-0.240	-0.841
	Borde 4	-0.134	-0.183	-0.167	-0.046	0.138	0.378	0.690	1.116	2.254	1.198	0.851	0.616	0.445	0.311	0.198	0.096	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	0.000	-0.001	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
	Borde 3	0.003	0.011	0.014	0.012	0.009	0.006	0.003	0.002	0.000	-0.002	-0.003	-0.006	-0.009	-0.012	-0.014	-0.011	-0.003
	Borde 4	0.000	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-05C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-05C : **- Losa CUADRADA b/a = 1.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 4 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar dq	Borde 1	0.000	0.115	0.222	0.312	0.383	0.431	0.457	0.461	0.443	0.402	0.337	0.245	0.131	0.004	-0.106	-0.121	-0.041
	Borde 2	-0.041	-0.124	-0.117	-0.007	0.151	0.353	0.634	1.136	2.036	1.136	0.634	0.353	0.151	-0.007	-0.117	-0.124	-0.041
	Borde 3	0.000	0.115	0.222	0.312	0.383	0.431	0.457	0.461	0.443	0.402	0.337	0.245	0.131	0.004	-0.106	-0.121	-0.041
	Borde 4	-0.459	-0.378	-0.218	-0.076	0.064	0.219	0.415	0.787	1.401	0.787	0.415	0.219	0.064	-0.076	-0.218	-0.378	-0.459

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.000	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 3	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 4	-0.003	-0.013	-0.021	-0.027	-0.029	-0.029	-0.026	-0.016	0.000	0.018	0.026	0.029	0.029	0.027	0.021	0.013	0.003

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.11-05R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO I1-05R : - Losa RECTANGULAR $b/a = 2.00$
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Borde 4 simplemente apoyados y bordes 1, 2 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTRANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	0.000	0.027	0.052	0.073	0.090	0.100	0.103	0.098	0.086	0.066	0.042	0.015	-0.013	-0.034	-0.043	-0.028	-0.019
	Borde 2	-0.009	-0.042	-0.030	0.015	0.084	0.198	0.398	0.871	1.766	0.871	0.398	0.198	0.084	0.015	-0.030	-0.042	-0.009
	Borde 3	0.000	0.027	0.052	0.073	0.090	0.100	0.103	0.098	0.086	0.066	0.042	0.015	-0.013	-0.034	-0.043	-0.028	-0.019
	Borde 4	-0.203	-0.096	-0.049	-0.012	0.033	0.107	0.240	0.566	1.194	0.566	0.240	0.107	0.033	-0.012	-0.049	-0.096	-0.203

MOMENTOS TORSORES

DISTRANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
	Borde 2	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.000	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	0.000
	Borde 3	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	0.000
	Borde 4	-0.002	-0.007	-0.012	-0.017	-0.021	-0.025	-0.027	-0.023	0.000	0.023	0.027	0.025	0.021	0.017	0.012	0.007	0.002

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.11-05Rm (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-05Rm : **- Losa RECTANGULAR - $b/a = 0.40$**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Borde 4 simplemente apoyados y bordes 1, 2 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	0.000	0.255	0.427	0.505	0.526	0.524	0.517	0.513	0.512	0.515	0.519	0.517	0.491	0.405	0.205	-0.052	-0.043
	Borde 2	-0.107	-0.151	-0.124	-0.013	0.149	0.361	0.639	1.029	2.124	1.029	0.639	0.361	0.149	-0.013	-0.124	-0.151	-0.107
	Borde 3	0.000	0.255	0.427	0.505	0.526	0.524	0.517	0.513	0.512	0.515	0.519	0.517	0.491	0.405	0.205	-0.052	-0.043
	Borde 4	-0.222	-0.424	-0.258	-0.106	0.046	0.217	0.415	0.837	1.287	0.837	0.415	0.217	0.046	-0.106	-0.258	-0.424	-0.222

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	-0.000	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 3	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	0.000
	Borde 4	-0.002	-0.005	-0.009	-0.012	-0.013	-0.013	-0.011	-0.009	0.000	0.009	0.011	0.013	0.013	0.013	0.012	0.009	0.005

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

TABLA 3.II-09C (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS

CASO I1-09C : **- Losa CUADRADA b/a = 1.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1 y 4 simplemente apoyado y bordes 2 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a$
Esq.1 = -0.064

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar dt q	Borde 1	0.000	0.069	0.133	0.188	0.230	0.259	0.274	0.273	0.258	0.226	0.176	0.107	0.017	-0.092	-0.217	-0.351	-0.415
	Borde 2	0.000	0.073	0.152	0.245	0.362	0.521	0.763	1.232	2.105	1.181	0.661	0.363	0.148	-0.020	-0.136	-0.138	-0.044
	Borde 3	0.000	0.127	0.245	0.346	0.425	0.478	0.507	0.511	0.488	0.440	0.365	0.261	0.133	-0.007	-0.124	-0.135	-0.044
	Borde 4	0.000	0.046	0.097	0.158	0.237	0.345	0.506	0.851	1.444	0.813	0.428	0.219	0.053	-0.099	-0.254	-0.429	-0.520

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.032	-0.031	-0.029	-0.025	-0.019	-0.013	-0.007	0.000	0.007	0.013	0.018	0.022	0.024	0.023	0.019	0.011	0.003
	Borde 2	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	-0.001	-0.004	-0.005	-0.005	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 3	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	-0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 4	-0.032	-0.032	-0.032	-0.031	-0.029	-0.026	-0.021	-0.013	-0.006	0.024	0.031	0.034	0.034	0.031	0.024	0.014	0.004

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

TABLA 3.11-09R (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS

CASO 11-09R : **- Losa RECTANGULAR - b/a = 2.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1 y 4 simplemente apoyados y bordes 2 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr\ q\ a$
 Esq.1 = -0.019

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar	Borde 1	0.000	0.013	0.026	0.036	0.044	0.048	0.048	0.044	0.036	0.024	0.008	-0.010	-0.029	-0.049	-0.066	-0.079	-0.062
	Borde 2	0.000	0.007	0.021	0.049	0.105	0.209	0.403	0.874	1.766	0.871	0.398	0.198	0.084	0.014	-0.031	-0.042	-0.009
	Borde 3	0.000	0.027	0.052	0.074	0.090	0.100	0.103	0.098	0.086	0.066	0.042	0.014	-0.013	-0.034	-0.043	-0.028	-0.019
	Borde 4	0.000	-0.001	0.001	0.014	0.046	0.113	0.243	0.566	1.194	0.565	0.240	0.106	0.032	-0.012	-0.049	-0.096	-0.204

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar	Borde 1	-0.010	-0.009	-0.009	-0.007	-0.005	-0.003	-0.001	0.001	0.003	0.005	0.006	0.007	0.006	0.006	0.004	0.002	0.001
	Borde 2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	-0.000	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	0.000
	Borde 3	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	0.000
	Borde 4	-0.010	-0.010	-0.012	-0.016	-0.020	-0.024	-0.026	-0.023	0.001	0.024	0.027	0.025	0.021	0.017	0.012	0.007	0.002

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.11-09Rm (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-09Rm : **- Losa RECTANGULAR b/a = 0.40**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1 y 4 simplemente apoyados y bordes 2 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr\ q\ a$
 Esq.1 = -0.036

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d\ q$	Borde 1	0.000	0.156	0.265	0.320	0.338	0.339	0.336	0.333	0.333	0.334	0.333	0.326	0.297	0.219	0.052	-0.240	-0.841
	Borde 2	0.000	0.096	0.198	0.311	0.445	0.616	0.851	1.198	2.254	1.116	0.690	0.378	0.138	-0.046	-0.167	-0.183	-0.134
	Borde 3	0.000	0.305	0.523	0.638	0.686	0.701	0.704	0.704	0.703	0.701	0.693	0.670	0.611	0.477	0.216	-0.086	-0.054
	Borde 4	0.000	0.066	0.136	0.214	0.304	0.424	0.579	0.961	1.378	0.893	0.440	0.212	0.010	-0.172	-0.357	-0.557	-0.302

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $dt\ q\ a$	Borde 1	-0.019	-0.017	-0.014	-0.010	-0.006	-0.004	-0.002	-0.000	0.001	0.002	0.004	0.006	0.009	0.012	0.014	0.011	0.003
	Borde 2	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	-0.001	-0.003	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 3	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 4	-0.019	-0.018	-0.018	-0.017	-0.015	-0.012	-0.009	-0.006	0.004	0.014	0.015	0.017	0.017	0.017	0.016	0.012	0.007

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

TABLA 3.II-10C (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS

CASO II-10C : **- Losa CUADRADA : $b/a = 1.00$**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1 y 3 simplemente apoyado y bordes 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	-0.357	-0.301	-0.184	-0.071	0.028	0.107	0.164	0.199	0.210	0.199	0.164	0.107	0.028	-0.071	-0.184	-0.301	-0.357
	Borde 2	0.000	0.058	0.123	0.205	0.315	0.471	0.718	1.198	2.091	1.198	0.718	0.471	0.315	0.205	0.123	0.058	0.000
	Borde 3	-0.357	-0.301	-0.184	-0.071	0.028	0.107	0.164	0.199	0.210	0.199	0.164	0.107	0.028	-0.071	-0.184	-0.301	-0.357
	Borde 4	0.000	0.058	0.123	0.205	0.315	0.471	0.718	1.198	2.091	1.198	0.718	0.471	0.315	0.205	0.123	0.058	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.003	-0.010	-0.016	-0.019	-0.019	-0.017	-0.012	-0.006	0.000	0.006	0.012	0.017	0.019	0.019	0.016	0.010	0.003
	Borde 2	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	-0.000	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
	Borde 3	0.003	0.010	0.016	0.019	0.019	0.017	0.012	0.006	0.000	-0.006	-0.012	-0.017	-0.019	-0.019	-0.016	-0.010	-0.003
	Borde 4	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.004	-0.004	-0.004	-0.000	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.11-10R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-10R : - Losa RECTANGULAR $b/a = 2.00$
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1 y 3 simplemente apoyados y bordes 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	-0.022	-0.026	-0.025	-0.020	-0.014	-0.007	-0.001	0.003	0.005	0.003	-0.001	-0.007	-0.014	-0.020	-0.025	-0.026	-0.022
	Borde 2	0.000	-0.005	-0.006	0.006	0.042	0.127	0.303	0.761	1.649	0.761	0.303	0.127	0.042	0.006	-0.006	-0.005	0.000
	Borde 3	-0.022	-0.026	-0.025	-0.020	-0.014	-0.007	-0.001	0.003	0.005	0.003	-0.001	-0.007	-0.014	-0.020	-0.025	-0.026	-0.022
	Borde 4	0.000	-0.005	-0.006	0.006	0.042	0.127	0.303	0.761	1.649	0.761	0.303	0.127	0.042	0.006	-0.006	-0.005	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	-0.000	-0.004	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000
	Borde 3	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000
	Borde 4	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.004	-0.000	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-10Rm (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-10Rm : **- Losa RECTANGULAR b/a = 0.40**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1 y 3 simplemente apoyados y bordes 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTRANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	-1.208	-0.375	0.016	0.259	0.392	0.459	0.492	0.506	0.510	0.506	0.492	0.459	0.392	0.259	0.016	-0.375	-1.208
	Borde 2	0.000	0.126	0.258	0.401	0.568	0.771	1.041	1.425	2.529	1.425	1.041	0.771	0.568	0.401	0.258	0.126	0.000
	Borde 3	-1.208	-0.375	0.016	0.259	0.392	0.459	0.492	0.506	0.510	0.506	0.492	0.459	0.392	0.259	0.016	-0.375	-1.208
	Borde 4	0.000	0.126	0.258	0.401	0.568	0.771	1.041	1.425	2.529	1.425	1.041	0.771	0.568	0.401	0.258	0.126	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTRANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.005	-0.016	-0.022	-0.021	-0.017	-0.012	-0.008	-0.004	0.000	0.004	0.008	0.012	0.017	0.021	0.022	0.016	0.005
	Borde 2	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.002	-0.000	-0.002	-0.004	-0.004	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
	Borde 3	0.005	0.016	0.022	0.021	0.017	0.012	0.008	0.004	0.000	-0.004	-0.008	-0.012	-0.017	-0.021	-0.022	-0.016	-0.005
	Borde 4	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.004	-0.004	-0.002	-0.000	0.002	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-11C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO II-11C : **- Losa CUADRADA $b/a = 1.00$**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 2 y 4 simplemente apoyado y bordes 1 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	0.000	0.117	0.225	0.319	0.395	0.453	0.491	0.514	0.521	0.514	0.491	0.453	0.395	0.319	0.225	0.117	0.000
	Borde 2	-0.492	-0.407	-0.241	-0.090	0.058	0.221	0.424	0.800	1.414	0.800	0.424	0.221	0.058	-0.090	-0.241	-0.407	-0.492
	Borde 3	0.000	0.117	0.225	0.319	0.395	0.453	0.491	0.514	0.521	0.514	0.491	0.453	0.395	0.319	0.225	0.117	0.000
	Borde 4	-0.492	-0.407	-0.241	-0.090	0.058	0.221	0.424	0.800	1.414	0.800	0.424	0.221	0.058	-0.090	-0.241	-0.407	-0.492

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004
	Borde 2	0.004	0.014	0.023	0.029	0.031	0.031	0.027	0.019	0.000	-0.019	-0.027	-0.031	-0.031	-0.029	-0.023	-0.014	-0.004
	Borde 3	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.004	-0.004
	Borde 4	-0.004	-0.014	-0.023	-0.029	-0.031	-0.031	-0.027	-0.019	0.000	0.019	0.027	0.031	0.031	0.029	0.023	0.014	0.004

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-11R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO I1-11R : **- Losa RECTANGULAR $b/a = 2.00$**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 2 y 4 simplemente apoyados y bordes 1 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	0.000	0.043	0.084	0.122	0.155	0.182	0.202	0.215	0.219	0.215	0.202	0.182	0.155	0.122	0.084	0.043	0.000
	Borde 2	-0.373	-0.177	-0.086	-0.011	0.065	0.164	0.317	0.654	1.287	0.654	0.317	0.164	0.065	-0.011	-0.086	-0.177	-0.373
	Borde 3	0.000	0.043	0.084	0.122	0.155	0.182	0.202	0.215	0.219	0.215	0.202	0.182	0.155	0.122	0.084	0.043	0.000
	Borde 4	-0.373	-0.177	-0.086	-0.011	0.065	0.164	0.317	0.654	1.287	0.654	0.317	0.164	0.065	-0.011	-0.086	-0.177	-0.373

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004
	Borde 2	0.004	0.013	0.021	0.027	0.032	0.034	0.034	0.027	0.000	-0.027	-0.034	-0.034	-0.032	-0.027	-0.021	-0.013	-0.004
	Borde 3	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	-0.004	-0.004
	Borde 4	-0.004	-0.013	-0.021	-0.027	-0.032	-0.034	-0.034	-0.027	0.000	0.027	0.034	0.034	0.032	0.027	0.021	0.013	0.004

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

TABLA 3.11-11Rm (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS

CASO I1-11Rm : **- Losa RECTANGULAR - b/a = 0.40**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 2 y 4 simplemente apoyados y bordes 1 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	0.000	0.255	0.427	0.505	0.525	0.523	0.516	0.510	0.508	0.510	0.516	0.523	0.525	0.505	0.427	0.255	0.000
	Borde 2	-0.222	-0.424	-0.258	-0.106	0.046	0.217	0.415	0.837	1.287	0.837	0.415	0.217	0.046	-0.106	-0.258	-0.424	-0.222
	Borde 3	0.000	0.255	0.427	0.505	0.525	0.523	0.516	0.510	0.508	0.510	0.516	0.523	0.525	0.505	0.427	0.255	0.000
	Borde 4	-0.222	-0.424	-0.258	-0.106	0.046	0.217	0.415	0.837	1.287	0.837	0.415	0.217	0.046	-0.106	-0.258	-0.424	-0.222

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002
	Borde 2	0.002	0.005	0.009	0.012	0.013	0.013	0.011	0.009	0.000	-0.009	-0.011	-0.013	-0.013	-0.012	-0.009	-0.005	-0.002
	Borde 3	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002
	Borde 4	-0.002	-0.005	-0.009	-0.012	-0.013	-0.013	-0.011	-0.009	0.000	0.009	0.011	0.013	0.013	0.012	0.009	0.005	0.002

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-14C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO I1-14C : **- Losa CUADRADA - b/a = 1.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1,3 y 4 simplemente apoyado y borde 2 empotrado

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $d_r q a$
Esq.1 = -0.073 Esq.4 = -0.073

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q$	Borde 1	0.000	0.077	0.148	0.208	0.255	0.287	0.303	0.301	0.283	0.245	0.188	0.109	0.009	-0.112	-0.249	-0.394	-0.464
	Borde 2	0.000	0.077	0.161	0.261	0.386	0.555	0.810	1.296	2.193	1.296	0.810	0.555	0.386	0.261	0.161	0.077	0.000
	Borde 3	0.000	0.077	0.148	0.208	0.255	0.287	0.303	0.301	0.283	0.245	0.188	0.109	0.009	-0.112	-0.249	-0.394	-0.464
	Borde 4	0.000	0.048	0.102	0.166	0.249	0.364	0.534	0.890	1.500	0.890	0.534	0.364	0.249	0.166	0.102	0.048	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $dt q a$	Borde 1	-0.037	-0.036	-0.033	-0.028	-0.022	-0.015	-0.007	0.001	0.008	0.015	0.021	0.025	0.027	0.026	0.021	0.013	0.003
	Borde 2	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.000	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003
	Borde 3	0.037	0.036	0.033	0.028	0.022	0.015	0.007	-0.001	-0.008	-0.015	-0.021	-0.025	-0.027	-0.026	-0.021	-0.013	-0.003
	Borde 4	-0.037	-0.037	-0.037	-0.036	-0.035	-0.032	-0.027	-0.019	0.000	0.019	0.027	0.032	0.035	0.036	0.037	0.037	0.037

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.11-14R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO I1-14R : **- Losa RECTANGULAR b/a = 2.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1,3 y 4 simplemente apoyados y borde 2 empotrado

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $d_r q a$
 Esq.1 = -0.019 Esq.4 = -0.019

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q$	Borde 1	0.000	0.013	0.026	0.036	0.044	0.048	0.048	0.044	0.036	0.024	0.008	-0.010	-0.030	-0.049	-0.066	-0.080	-0.062
	Borde 2	0.000	0.007	0.021	0.049	0.105	0.209	0.403	0.874	1.767	0.874	0.403	0.209	0.105	0.049	0.021	0.007	0.000
	Borde 3	0.000	0.013	0.026	0.036	0.044	0.048	0.048	0.044	0.036	0.024	0.008	-0.010	-0.030	-0.049	-0.066	-0.080	-0.062
	Borde 4	0.000	-0.001	0.001	0.014	0.046	0.112	0.242	0.566	1.193	0.566	0.242	0.112	0.046	0.014	0.001	-0.001	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $d t q a$	Borde 1	-0.010	-0.009	-0.009	-0.007	-0.005	-0.003	-0.001	0.001	0.003	0.005	0.006	0.007	0.006	0.006	0.004	0.002	0.001
	Borde 2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.000	-0.004	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
	Borde 3	0.010	0.009	0.009	0.007	0.005	0.003	0.001	-0.001	-0.003	-0.005	-0.006	-0.007	-0.006	-0.006	-0.004	-0.002	-0.001
	Borde 4	-0.010	-0.010	-0.013	-0.016	-0.020	-0.024	-0.026	-0.023	0.000	0.023	0.026	0.024	0.020	0.016	0.013	0.010	0.010

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.I1-14Rm (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO I1-14Rm : **- Losa RECTANGULAR b/a = 0.40**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1,3 y 4 simplemente apoyados y borde 2 empotrado

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $d_r q a$
 Esq.1 = -0.056 Esq.4 = -0.056

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q$	Borde 1	0.000	0.200	0.350	0.439	0.484	0.504	0.512	0.514	0.512	0.506	0.491	0.458	0.390	0.258	0.014	-0.378	-1.216
	Borde 2	0.000	0.127	0.259	0.403	0.570	0.774	1.044	1.428	2.533	1.428	1.044	0.774	0.570	0.403	0.259	0.127	0.000
	Borde 3	0.000	0.200	0.350	0.439	0.484	0.504	0.512	0.514	0.512	0.506	0.491	0.458	0.390	0.258	0.014	-0.378	-1.216
	Borde 4	0.000	0.088	-0.179	0.279	0.393	0.539	0.719	1.131	1.581	1.131	0.719	0.539	0.393	0.279	0.179	0.088	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $d t q a$	Borde 1	-0.029	-0.027	-0.023	-0.018	-0.012	-0.008	-0.004	-0.001	0.002	0.005	0.009	0.013	0.017	0.021	0.022	0.016	0.005
	Borde 2	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.002	-0.000	-0.002	-0.004	-0.004	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
	Borde 3	0.029	0.027	0.023	0.018	0.012	0.008	0.004	0.001	-0.002	-0.005	-0.009	-0.013	-0.017	-0.021	-0.022	-0.016	-0.005
	Borde 4	-0.029	-0.029	-0.028	-0.026	-0.024	-0.021	-0.016	-0.012	0.000	0.012	0.016	0.021	0.024	0.026	0.028	0.029	0.029

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-15C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-15C : **- Losa CUADRADA $b/a = 1.00$**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1,2 y 4 simplemente apoyado y borde 3 empotrado

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a$
Esq.1 = -0.076 Esq.2 = -0.076

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q$	Borde 1	0.000	0.072	0.139	0.198	0.247	0.284	0.309	0.325	0.330	0.325	0.309	0.284	0.247	0.198	0.139	0.072	0.000
	Borde 2	0.000	0.056	0.116	0.185	0.269	0.382	0.545	0.889	1.477	0.840	0.444	0.223	0.042	-0.126	-0.297	-0.487	-0.584
	Borde 3	0.000	0.134	0.258	0.367	0.457	0.524	0.571	0.598	0.607	0.598	0.571	0.524	0.457	0.367	0.258	0.134	0.000
	Borde 4	0.000	0.056	0.116	0.185	0.269	0.382	0.545	0.889	1.477	0.840	0.444	0.223	0.042	-0.126	-0.297	-0.487	-0.584

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $dt q a$	Borde 1	-0.038	-0.038	-0.035	-0.031	-0.026	-0.020	-0.014	-0.007	0.000	0.007	0.014	0.020	0.026	0.031	0.035	0.038	0.038
	Borde 2	0.038	0.038	0.037	0.036	0.033	0.029	0.022	0.013	-0.007	-0.027	-0.035	-0.039	-0.038	-0.035	-0.027	-0.016	-0.004
	Borde 3	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.003	-0.004	-0.004	-0.004
	Borde 4	-0.038	-0.038	-0.037	-0.036	-0.033	-0.029	-0.022	-0.013	0.007	0.027	0.035	0.039	0.038	0.035	0.027	0.016	0.004

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.11-15R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-15R : **- Losa RECTANGULAR b/a = 2.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1,2 y 4 simplemente apoyados y borde 3 empotrado

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $d_r q a$
 Esq.1 = -0.042 Esq.2 = -0.042

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q	Borde 1	0.000	0.023	0.046	0.067	0.085	0.100	0.111	0.118	0.120	0.118	0.111	0.100	0.085	0.067	0.046	0.023	0.000
	Borde 2	0.000	0.013	0.030	0.058	0.106	0.188	0.331	0.662	1.291	0.656	0.317	0.163	0.064	-0.013	-0.088	-0.181	-0.380
	Borde 3	0.000	0.044	0.086	0.124	0.158	0.185	0.206	0.219	0.223	0.219	0.206	0.185	0.158	0.124	0.086	0.044	0.000
	Borde 4	0.000	0.013	0.030	0.058	0.106	0.188	0.331	0.662	1.291	0.656	0.317	0.163	0.064	-0.013	-0.088	-0.181	-0.380

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a	Borde 1	-0.021	-0.021	-0.020	-0.018	-0.015	-0.012	-0.008	-0.004	0.000	0.004	0.008	0.012	0.015	0.018	0.020	0.021	0.021
	Borde 2	0.021	0.022	0.024	0.026	0.029	0.032	0.031	0.024	-0.002	-0.028	-0.035	-0.035	-0.033	-0.028	-0.022	-0.013	-0.004
	Borde 3	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	-0.004	-0.004
	Borde 4	-0.021	-0.022	-0.024	-0.026	-0.029	-0.032	-0.031	-0.024	0.002	0.028	0.035	0.035	0.033	0.028	0.022	0.013	0.004

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-15Rm (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO I1-15Rm : **- Losa RECTANGULAR b/a = 0.40**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordes 1,2 y 4 simplemente apoyados y borde 3 empotrado

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a$
 Esq.1 = -0.036 Esq.2 = -0.036

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q$	Borde 1	0.000	0.156	0.265	0.319	0.337	0.338	0.334	0.330	0.329	0.330	0.334	0.338	0.337	0.319	0.265	0.156	0.000
	Borde 2	0.000	0.066	0.136	0.214	0.304	0.424	0.579	0.961	1.378	0.893	0.440	0.212	0.010	-0.172	-0.357	-0.557	-0.302
	Borde 3	0.000	0.305	0.523	0.638	0.685	0.700	0.703	0.702	0.702	0.702	0.703	0.700	0.685	0.638	0.523	0.305	0.000
	Borde 4	0.000	0.066	0.136	0.214	0.304	0.424	0.579	0.961	1.378	0.893	0.440	0.212	0.010	-0.172	-0.357	-0.557	-0.302

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $dt q a$	Borde 1	-0.019	-0.017	-0.014	-0.010	-0.006	-0.004	-0.002	-0.001	0.000	0.001	0.002	0.004	0.006	0.010	0.014	0.017	0.019
	Borde 2	0.019	0.018	0.018	0.017	0.015	0.012	0.009	0.006	-0.004	-0.014	-0.015	-0.017	-0.017	-0.016	-0.012	-0.007	-0.002
	Borde 3	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002
	Borde 4	-0.019	-0.018	-0.018	-0.017	-0.015	-0.012	-0.009	-0.006	0.004	0.014	0.015	0.017	0.017	0.016	0.012	0.007	0.002

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.11-16C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-16C : - Losa CUADRADA $b/a = 1.00$
- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- 4 bordes simplemente apoyados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a$
Esq.1 = -0.093 Esq.2 = -0.093 Esq.3 = -0.093 Esq.4 = -0.093

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q$	Borde 1	0.000	0.084	0.162	0.232	0.289	0.333	0.365	0.383	0.389	0.383	0.365	0.333	0.289	0.232	0.162	0.084	0.000
	Borde 2	0.000	0.062	0.128	0.205	0.298	0.422	0.598	0.958	1.569	0.958	0.598	0.422	0.298	0.205	0.128	0.062	0.000
	Borde 3	0.000	0.084	0.162	0.232	0.289	0.333	0.365	0.383	0.389	0.383	0.365	0.333	0.289	0.232	0.162	0.084	0.000
	Borde 4	0.000	0.062	0.128	0.205	0.298	0.422	0.598	0.958	1.569	0.958	0.598	0.422	0.298	0.205	0.128	0.062	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $dt q a$	Borde 1	-0.047	-0.046	-0.043	-0.039	-0.032	-0.025	-0.017	-0.009	0.000	0.009	0.017	0.025	0.032	0.039	0.043	0.046	0.047
	Borde 2	0.047	0.047	0.046	0.045	0.042	0.038	0.031	0.021	0.000	-0.021	-0.031	-0.038	-0.042	-0.045	-0.046	-0.047	-0.047
	Borde 3	0.047	0.046	0.043	0.039	0.032	0.025	0.017	0.009	0.000	-0.009	-0.017	-0.025	-0.032	-0.039	-0.043	-0.046	-0.047
	Borde 4	-0.047	-0.047	-0.046	-0.045	-0.042	-0.038	-0.031	-0.021	0.000	0.021	0.031	0.038	0.042	0.045	0.046	0.047	0.047

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-16R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO I1-16R : **- Losa RECTANGULAR b/a = 2.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - 4 bordes simplemente apoyados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $d r q a$
 Esq.1 = -0.043 Esq.2 = -0.043 Esq.3 = -0.043 Esq.4 = -0.043

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q$	Borde 1	0.000	0.024	0.047	0.068	0.086	0.102	0.113	0.120	0.122	0.120	0.113	0.102	0.086	0.068	0.047	0.024	0.000
	Borde 2	0.000	0.013	0.030	0.058	0.106	0.188	0.331	0.664	1.295	0.664	0.331	0.188	0.106	0.058	0.030	0.013	0.000
	Borde 3	0.000	0.024	0.047	0.068	0.086	0.102	0.113	0.120	0.122	0.120	0.113	0.102	0.086	0.068	0.047	0.024	0.000
	Borde 4	0.000	0.013	0.030	0.058	0.106	0.188	0.331	0.664	1.295	0.664	0.331	0.188	0.106	0.058	0.030	0.013	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $d t q a$	Borde 1	-0.022	-0.021	-0.020	-0.018	-0.015	-0.012	-0.008	-0.004	0.000	0.004	0.008	0.012	0.015	0.018	0.020	0.021	0.022
	Borde 2	0.022	0.023	0.024	0.027	0.030	0.032	0.032	0.026	0.000	-0.026	-0.032	-0.032	-0.030	-0.027	-0.024	-0.023	-0.022
	Borde 3	0.022	0.021	0.020	0.018	0.015	0.012	0.008	0.004	0.000	-0.004	-0.008	-0.012	-0.015	-0.018	-0.020	-0.021	-0.022
	Borde 4	-0.022	-0.023	-0.024	-0.027	-0.030	-0.032	-0.032	-0.026	0.000	0.026	0.032	0.032	0.030	0.027	0.024	0.023	0.022

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.II-16Rm (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO I1-16Rm : **- Losa RECTANGULAR b/a = 0.40**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - 4 bordes simplemente apoyados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $d r q a$
 Esq.1 = -0.057 Esq.2 = -0.057 Esq.3 = -0.057 Esq.4 = -0.057

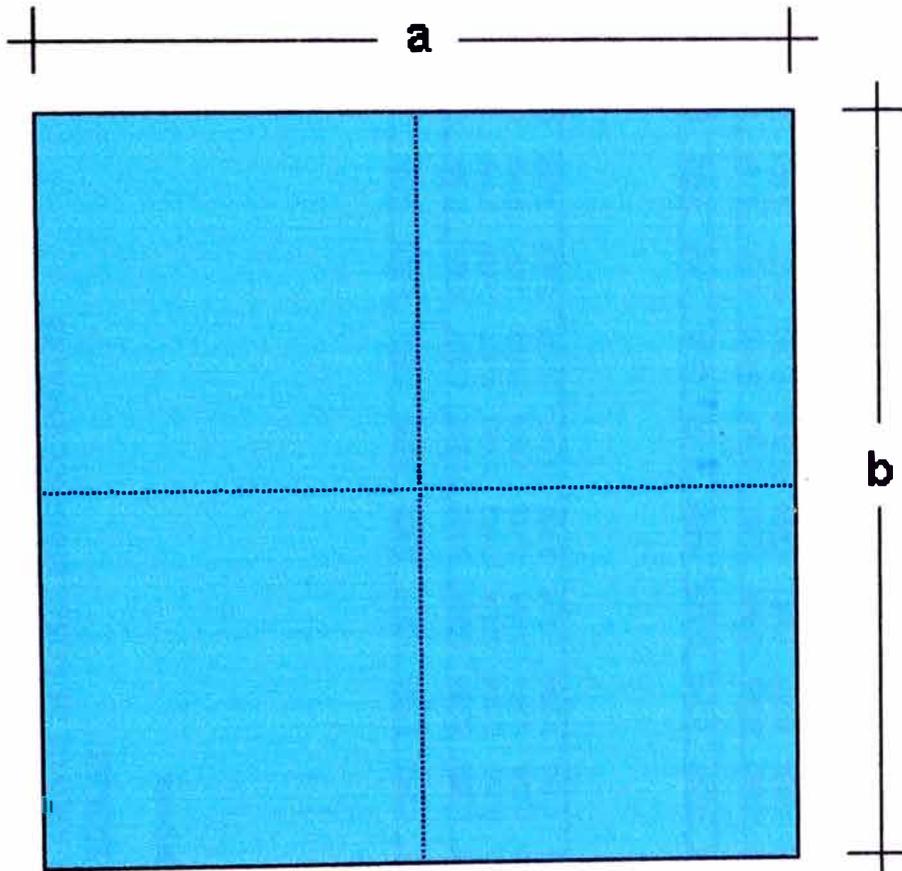
DISTRANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q$	Borde 1	0.000	0.200	0.350	0.438	0.483	0.503	0.511	0.514	0.515	0.514	0.511	0.503	0.483	0.438	0.350	0.200	0.000
	Borde 2	0.000	0.088	0.180	0.280	0.394	0.540	0.721	1.133	1.583	1.133	0.721	0.540	0.394	0.280	0.180	0.088	0.000
	Borde 3	0.000	0.200	0.350	0.438	0.483	0.503	0.511	0.514	0.515	0.514	0.511	0.503	0.483	0.438	0.350	0.200	0.000
	Borde 4	0.000	0.088	0.180	0.280	0.394	0.540	0.721	1.133	1.583	1.133	0.721	0.540	0.394	0.280	0.180	0.088	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTRANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $d t q a$	Borde 1	-0.029	-0.028	-0.023	-0.018	-0.013	-0.009	-0.005	-0.003	0.000	0.003	0.005	0.009	0.013	0.018	0.023	0.028	0.029
	Borde 2	0.029	0.029	0.028	0.026	0.024	0.021	0.016	0.012	0.000	-0.012	-0.016	-0.021	-0.024	-0.026	-0.028	-0.029	-0.029
	Borde 3	0.029	0.028	0.023	0.018	0.013	0.009	0.005	0.003	0.000	-0.003	-0.005	-0.009	-0.013	-0.018	-0.023	-0.028	-0.029
	Borde 4	-0.029	-0.029	-0.028	-0.026	-0.024	-0.021	-0.016	-0.012	0.000	0.012	0.016	0.021	0.024	0.026	0.028	0.029	0.029

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

3.2.4. Resultados de esfuerzos normalizados; distribución de reacciones verticales y momentos torsores a lo largo de los apoyos de la losa bidireccional, para una carga superficial S1.



(b) CASO S - 1

Fig. 3.2. : Carga superficial uniforme sobre la losa

**TABLA 3.S1-01C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO S1-01C : **- Losa CUADRADA b/a = 1.00**
 - Carga superficial (q) uniformemente cargada
 - Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

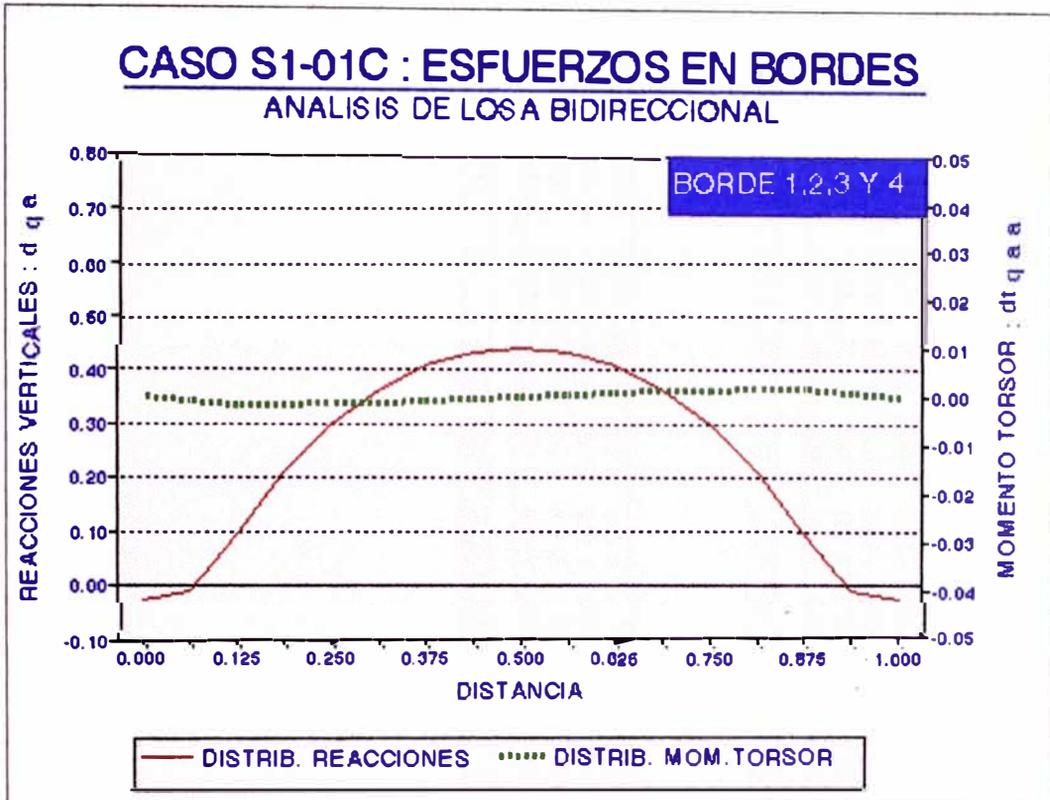
REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	-0.026	-0.013	0.094	0.208	0.298	0.364	0.408	0.433	0.441	0.433	0.408	0.364	0.298	0.208	0.094	-0.013	-0.026
	Borde 2	-0.026	-0.013	0.094	0.208	0.298	0.364	0.408	0.433	0.441	0.433	0.408	0.364	0.298	0.208	0.094	-0.013	-0.026
	Borde 3	-0.026	-0.013	0.094	0.208	0.298	0.364	0.408	0.433	0.441	0.433	0.408	0.364	0.298	0.208	0.094	-0.013	-0.026
	Borde 4	-0.026	-0.013	0.094	0.208	0.298	0.364	0.408	0.433	0.441	0.433	0.408	0.364	0.298	0.208	0.094	-0.013	-0.026

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a a	Borde 1	0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 3	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 4	0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.



(a) B. empotrado

Gráfico 3.S1-01C : Distribución de esfuerzos en los bordes de una losa CUADRADA ($b/a=1.0$), bajo una carga superficial S1

**TABLA 3.S1-01R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO S1-01R : **- Losa RECTANGULAR $b/a = 2.00$**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

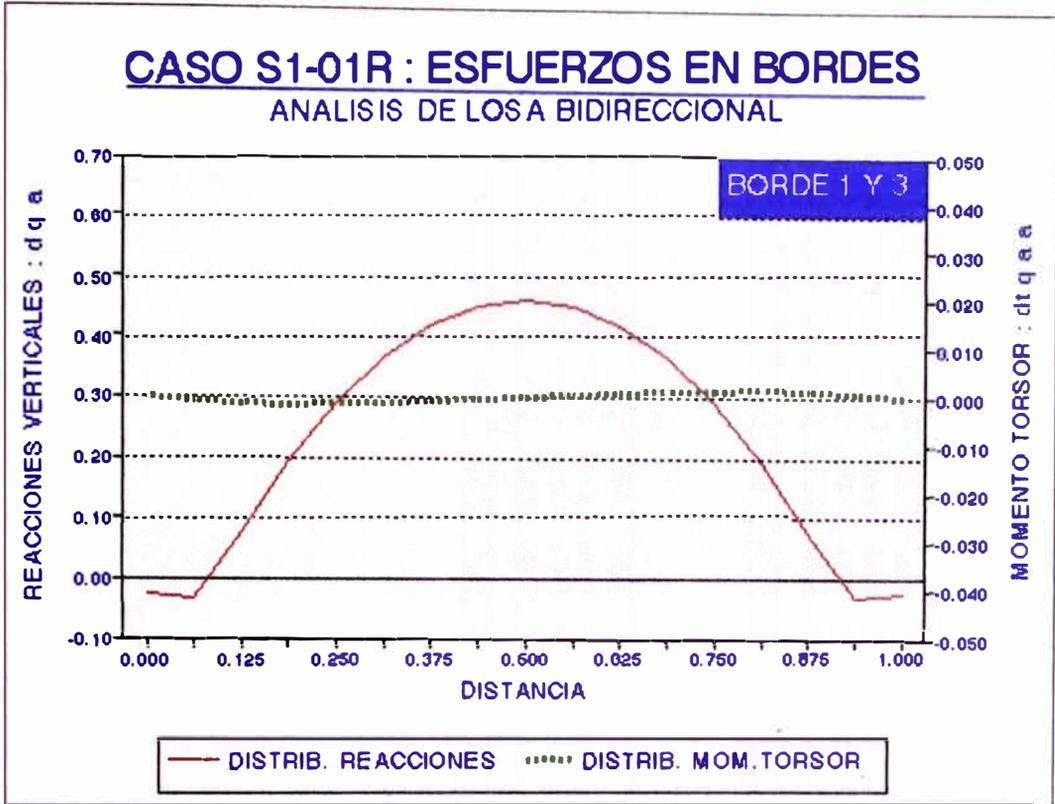
REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	-0.025	-0.033	0.078	0.193	0.290	0.365	0.417	0.448	0.459	0.448	0.417	0.365	0.290	0.193	0.078	-0.033	-0.025
	Borde 2	-0.012	0.083	0.277	0.404	0.469	0.499	0.512	0.516	0.517	0.516	0.512	0.499	0.469	0.404	0.277	0.083	-0.012
	Borde 3	-0.025	-0.033	0.078	0.193	0.290	0.365	0.417	0.448	0.459	0.448	0.417	0.365	0.290	0.193	0.078	-0.033	-0.025
	Borde 4	-0.012	0.083	0.277	0.404	0.469	0.499	0.512	0.516	0.517	0.516	0.512	0.499	0.469	0.404	0.277	0.083	-0.012

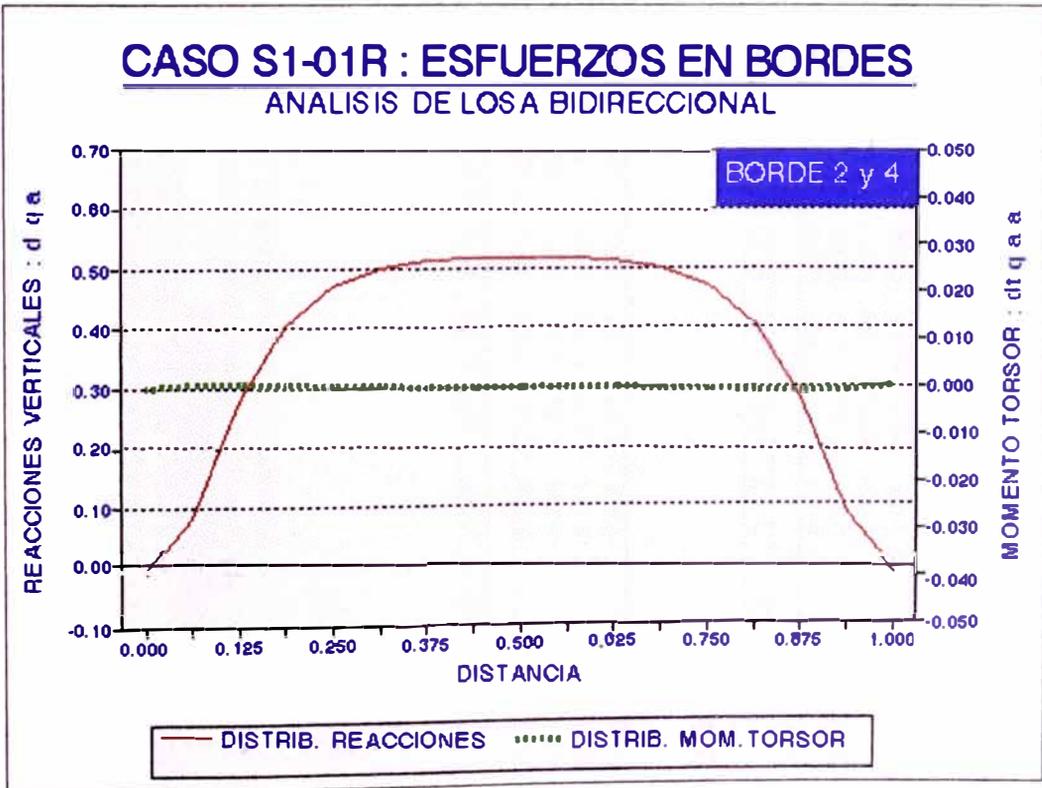
MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a b	Borde 1	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	0.000
	Borde 3	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	0.000
	Borde 4	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.



(a) B. empotrado



(b) B. empotrado

Gráfico 3.S1-01R : Distribución de esfuerzos en los bordes de una losa RECTANGULAR ($b/a=2.0$), bajo una carga superficial S1

**TABLA 3.S1-04C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO S1-04C : **- Losa CUADRADA . b/a = 1.00**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Bordes 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	-0.028	-0.019	0.087	0.204	0.300	0.372	0.420	0.449	0.458	0.449	0.420	0.372	0.300	0.204	0.087	-0.019	-0.028
	Borde 2	-0.028	-0.019	0.085	0.202	0.296	0.368	0.419	0.455	0.476	0.486	0.484	0.470	0.442	0.396	0.323	0.204	0.000
	Borde 3	-0.319	-0.208	-0.018	0.104	0.189	0.246	0.284	0.305	0.312	0.305	0.284	0.246	0.189	0.104	-0.018	-0.208	-0.319
	Borde 4	-0.028	-0.019	0.085	0.202	0.296	0.368	0.419	0.455	0.476	0.486	0.484	0.470	0.442	0.396	0.323	0.204	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a a	Borde 1	0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003
	Borde 3	0.003	0.010	0.014	0.015	0.014	0.012	0.008	0.004	0.000	-0.004	-0.008	-0.012	-0.014	-0.015	-0.014	-0.010	-0.003
	Borde 4	0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

TABLA 3.S1-04R (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS

CASO S1-04R : - Losa RECTANGULAR $b/a = 2.00$
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Borde 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	-0.025	-0.033	0.078	0.193	0.290	0.365	0.417	0.448	0.458	0.448	0.417	0.365	0.290	0.193	0.078	-0.033	-0.025
	Borde 2	-0.012	0.083	0.277	0.404	0.468	0.498	0.510	0.514	0.515	0.516	0.517	0.516	0.510	0.488	0.434	0.301	0.000
	Borde 3	-0.119	-0.219	-0.034	0.092	0.181	0.244	0.286	0.310	0.318	0.310	0.286	0.244	0.181	0.092	-0.034	-0.219	-0.119
	Borde 4	-0.012	0.083	0.277	0.404	0.468	0.498	0.510	0.514	0.515	0.516	0.517	0.516	0.510	0.488	0.434	0.301	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a b	Borde 1	0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001
	Borde 3	0.001	0.005	0.007	0.008	0.008	0.006	0.005	0.002	0.000	-0.002	-0.005	-0.006	-0.008	-0.008	-0.007	-0.005	-0.001
	Borde 4	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.S1-05R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO S1-05R : **- Losa RECTANGULAR - b/a = 2.00**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Borde 4 simplemente apoyados y bordes 1, 2 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	0.000	0.225	0.362	0.455	0.516	0.553	0.570	0.568	0.548	0.510	0.453	0.378	0.283	0.170	0.048	-0.054	-0.039
	Borde 2	-0.019	0.057	0.269	0.432	0.529	0.584	0.613	0.627	0.631	0.627	0.613	0.584	0.529	0.432	0.269	0.057	-0.019
	Borde 3	0.000	0.225	0.362	0.455	0.516	0.553	0.570	0.568	0.548	0.510	0.453	0.378	0.283	0.170	0.048	-0.054	-0.039
	Borde 4	-0.568	-0.115	0.144	0.272	0.339	0.372	0.388	0.395	0.397	0.395	0.388	0.372	0.339	0.272	0.144	-0.115	-0.568

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a b	Borde 1	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.000
	Borde 2	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000
	Borde 3	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 4	-0.003	-0.010	-0.012	-0.011	-0.009	-0.006	-0.004	-0.002	0.000	0.002	0.004	0.006	0.009	0.011	0.012	0.010	0.003

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.S1-09C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO S1-09C : **- Losa CUADRADA - b/a = 1.00**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Bordes 1 y 4 simplemente apoyado y bordes 2 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a b$
 Esq.1 = -0.049

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q a$	Borde 1	0.000	0.151	0.236	0.289	0.324	0.345	0.355	0.355	0.345	0.325	0.293	0.247	0.180	0.087	-0.046	-0.248	-0.365
	Borde 2	0.000	0.214	0.342	0.422	0.475	0.507	0.523	0.524	0.512	0.484	0.441	0.380	0.298	0.194	0.072	-0.030	-0.030
	Borde 3	0.000	0.214	0.342	0.422	0.475	0.507	0.523	0.524	0.512	0.484	0.441	0.380	0.298	0.194	0.072	-0.030	-0.030
	Borde 4	0.000	0.151	0.236	0.289	0.324	0.345	0.355	0.355	0.345	0.325	0.293	0.247	0.180	0.087	-0.046	-0.248	-0.365

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $dt q a a$	Borde 1	-0.026	-0.025	-0.022	-0.018	-0.014	-0.009	-0.005	-0.000	0.004	0.009	0.013	0.016	0.018	0.018	0.016	0.011	0.003
	Borde 2	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 3	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 4	-0.026	-0.025	-0.022	-0.018	-0.014	-0.009	-0.005	-0.000	0.004	0.009	0.013	0.016	0.018	0.018	0.016	0.011	0.003

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.S1-09R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO S1-09R : - Losa RECTANGULAR b/a = 2.00
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Bordes 1 y 4 simplemente apoyados y bordes 2 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a b$
 Esq.1 = -0.031

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar dt q a b	Borde 1	0.000	0.168	0.261	0.323	0.364	0.389	0.399	0.396	0.379	0.349	0.303	0.240	0.157	0.047	-0.101	-0.309	-0.184
	Borde 2	0.000	0.330	0.490	0.567	0.606	0.625	0.634	0.636	0.634	0.627	0.612	0.583	0.528	0.431	0.269	0.056	-0.019
	Borde 3	0.000	0.225	0.362	0.455	0.517	0.554	0.570	0.568	0.548	0.510	0.453	0.377	0.282	0.169	0.047	-0.054	-0.039
	Borde 4	0.000	0.222	0.322	0.367	0.387	0.395	0.397	0.397	0.396	0.393	0.386	0.370	0.337	0.271	0.143	-0.116	-0.570

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a b	Borde 1	-0.017	-0.016	-0.015	-0.012	-0.009	-0.006	-0.003	0.000	0.003	0.006	0.009	0.011	0.012	0.011	0.010	0.006	0.002
	Borde 2	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000
	Borde 3	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	0.000
	Borde 4	-0.017	-0.016	-0.013	-0.009	-0.007	-0.004	-0.002	-0.001	0.001	0.003	0.005	0.007	0.009	0.011	0.012	0.010	0.003

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.S1-10C (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO S1-10C : **Losa CUADRADA $b/a = 1.00$**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Bordes 1 y 3 simplemente apoyado y bordes 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q a$	Borde 1	-0.336	-0.224	-0.030	0.097	0.186	0.247	0.288	0.312	0.319	0.312	0.288	0.247	0.186	0.097	-0.030	-0.224	-0.336
	Borde 2	0.000	0.205	0.325	0.399	0.449	0.481	0.502	0.513	0.517	0.513	0.502	0.481	0.449	0.399	0.325	0.205	0.000
	Borde 3	-0.336	-0.224	-0.030	0.097	0.186	0.247	0.288	0.312	0.319	0.312	0.288	0.247	0.186	0.097	-0.030	-0.224	-0.336
	Borde 4	0.000	0.205	0.325	0.399	0.449	0.481	0.502	0.513	0.517	0.513	0.502	0.481	0.449	0.399	0.325	0.205	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $dt q a$	Borde 1	-0.003	-0.010	-0.015	-0.016	-0.015	-0.013	-0.009	-0.005	0.000	0.005	0.009	0.013	0.015	0.016	0.015	0.010	0.003
	Borde 2	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003
	Borde 3	0.003	0.010	0.015	0.016	0.015	0.013	0.009	0.005	0.000	-0.005	-0.009	-0.013	-0.015	-0.016	-0.015	-0.010	-0.003
	Borde 4	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.S1-10R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO S1-10R : **- Losa RECTANGULAR $b/a = 2.00$**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Bordes 1 y 3 simplemente apoyados y bordes 2 y 4 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	-0.158	-0.219	-0.034	0.092	0.181	0.243	0.285	0.310	0.318	0.310	0.285	0.243	0.181	0.092	-0.034	-0.219	-0.158
	Borde 2	0.000	0.301	0.434	0.488	0.509	0.515	0.515	0.513	0.513	0.513	0.515	0.515	0.509	0.488	0.434	0.301	0.000
	Borde 3	-0.158	-0.219	-0.034	0.092	0.181	0.243	0.285	0.310	0.318	0.310	0.285	0.243	0.181	0.092	-0.034	-0.219	-0.158
	Borde 4	0.000	0.301	0.434	0.488	0.509	0.515	0.515	0.513	0.513	0.513	0.515	0.515	0.509	0.488	0.434	0.301	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a b	Borde 1	-0.001	-0.005	-0.007	-0.008	-0.008	-0.006	-0.005	-0.002	0.000	0.002	0.005	0.006	0.008	0.008	0.007	0.005	0.001
	Borde 2	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.001
	Borde 3	0.001	0.005	0.007	0.008	0.008	0.006	0.005	0.002	0.000	-0.002	-0.005	-0.006	-0.008	-0.008	-0.007	-0.005	-0.001
	Borde 4	-0.001	-0.001	-0.001	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

TABLA 3.S1-11R (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS

CASO S1-11R : **- Losa RECTANGULAR b/a = 2.00**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Bordes 2 y 4 simplemente apoyados y bordes 1 y 3 empotrados

REACCIONES VERTICALES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	0.000	0.242	0.397	0.508	0.589	0.648	0.687	0.710	0.718	0.710	0.687	0.648	0.589	0.508	0.397	0.242	0.000
	Borde 2	-0.763	-0.209	0.103	0.276	0.377	0.436	0.469	0.486	0.491	0.486	0.469	0.436	0.377	0.276	0.103	-0.209	-0.763
	Borde 3	0.000	0.242	0.397	0.508	0.589	0.648	0.687	0.710	0.718	0.710	0.687	0.648	0.589	0.508	0.397	0.242	0.000
	Borde 4	-0.763	-0.209	0.103	0.276	0.377	0.436	0.469	0.486	0.491	0.486	0.469	0.436	0.377	0.276	0.103	-0.209	-0.763

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a b	Borde 1	-0.004	-0.004	-0.004	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.004	0.004
	Borde 2	0.004	0.013	0.017	0.017	0.014	0.011	0.007	0.004	0.000	-0.004	-0.007	-0.011	-0.014	-0.017	-0.017	-0.013	-0.004
	Borde 3	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.004	-0.004	-0.004
	Borde 4	-0.004	-0.013	-0.017	-0.017	-0.014	-0.011	-0.007	-0.004	0.000	0.004	0.007	0.011	0.014	0.017	0.017	0.013	0.004

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

TABLA 3.S1-14C (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS

CASO S1-14C : **- Losa CUADRADA b/a = 1.00**

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Bordes 1,3 y 4 simplemente apoyado y borde 2 empotrado

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a b$
Esq.1 = -0.057 Esq.4 = -0.057

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	0.000	0.156	0.247	0.305	0.343	0.367	0.378	0.377	0.365	0.341	0.303	0.249	0.174	0.071	-0.071	-0.282	-0.403
	Borde 2	0.000	0.217	0.349	0.435	0.493	0.534	0.560	0.575	0.580	0.575	0.560	0.534	0.493	0.435	0.349	0.217	0.000
	Borde 3	0.000	0.156	0.247	0.305	0.343	0.367	0.378	0.377	0.365	0.341	0.303	0.249	0.174	0.071	-0.071	-0.282	-0.403
	Borde 4	0.000	0.152	0.239	0.295	0.333	0.359	0.376	0.385	0.388	0.385	0.376	0.359	0.333	0.295	0.239	0.152	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a a	Borde 1	-0.030	-0.029	-0.025	-0.021	-0.016	-0.011	-0.005	0.000	0.005	0.010	0.015	0.018	0.020	0.021	0.018	0.012	0.004
	Borde 2	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.004
	Borde 3	0.030	0.029	0.025	0.021	0.016	0.011	0.005	-0.000	-0.005	-0.010	-0.015	-0.018	-0.020	-0.021	-0.018	-0.012	-0.004
	Borde 4	-0.030	-0.029	-0.026	-0.022	-0.018	-0.014	-0.009	-0.005	0.000	0.005	0.009	0.014	0.018	0.022	0.026	0.029	0.030

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.S1-14R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS**

CASO S1-14R : **- Losa RECTANGULAR b/a = 2.00**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Bordes 1,3 y 4 simplemente apoyados y borde 2 empotrado

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a b$
 Esq.1 = -0.031 Esq.4 = -0.031

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q a$	Borde 1	0.000	0.168	0.261	0.323	0.364	0.389	0.399	0.396	0.379	0.349	0.303	0.240	0.156	0.046	-0.101	-0.310	-0.185
	Borde 2	0.000	0.330	0.489	0.566	0.605	0.624	0.633	0.637	0.637	0.637	0.633	0.624	0.605	0.566	0.489	0.330	0.000
	Borde 3	0.000	0.168	0.261	0.323	0.364	0.389	0.399	0.396	0.379	0.349	0.303	0.240	0.156	0.046	-0.101	-0.310	-0.185
	Borde 4	0.000	0.221	0.321	0.366	0.385	0.393	0.395	0.395	0.395	0.395	0.395	0.395	0.393	0.385	0.366	0.321	0.221

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $dt q a b$	Borde 1	-0.017	-0.016	-0.015	-0.012	-0.009	-0.006	-0.003	0.000	0.004	0.006	0.009	0.011	0.012	0.011	0.010	0.006	0.002
	Borde 2	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002
	Borde 3	0.017	0.016	0.015	0.012	0.009	0.006	0.003	-0.000	-0.004	-0.006	-0.009	-0.011	-0.012	-0.011	-0.010	-0.006	-0.002
	Borde 4	-0.017	-0.016	-0.013	-0.009	-0.007	-0.004	-0.003	-0.001	0.000	0.001	0.003	0.004	0.007	0.009	0.013	0.016	0.017

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

TABLA 3.S1-15R (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS

CASO S1-15R : **- Losa RECTANGULAR b/a = 2.00**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - Bordes 1,2 y 4 simplemente apoyados y borde 3 empotrado

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a b$
 Esq.1 = -0.047 Esq.2 = -0.047

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	0.000	0.181	0.287	0.363	0.419	0.460	0.488	0.504	0.509	0.504	0.488	0.460	0.419	0.363	0.287	0.181	0.000
	Borde 2	0.000	0.246	0.370	0.435	0.471	0.491	0.500	0.503	0.500	0.490	0.471	0.435	0.375	0.272	0.098	-0.217	-0.780
	Borde 3	0.000	0.244	0.401	0.513	0.595	0.655	0.695	0.719	0.726	0.719	0.695	0.655	0.595	0.513	0.401	0.244	0.000
	Borde 4	0.000	0.246	0.370	0.435	0.471	0.491	0.500	0.503	0.500	0.490	0.471	0.435	0.375	0.272	0.098	-0.217	-0.780

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a b	Borde 1	-0.025	-0.024	-0.022	-0.020	-0.016	-0.013	-0.009	-0.004	0.000	0.004	0.009	0.013	0.016	0.020	0.022	0.024	0.025
	Borde 2	0.025	0.023	0.020	0.016	0.012	0.008	0.004	0.001	-0.002	-0.006	-0.009	-0.012	-0.015	-0.018	-0.018	-0.013	-0.004
	Borde 3	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	-0.000	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.004	-0.004	-0.004
	Borde 4	-0.025	-0.023	-0.020	-0.016	-0.012	-0.008	-0.004	-0.001	0.002	0.006	0.009	0.012	0.015	0.018	0.018	0.013	0.004

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

TABLA 3.S1-16C (a) :
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS

CASO S1-16C : **- Losa CUADRADA b/a = 1.00**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - 4 bordes simplemente apoyados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $dr q a b$
 Esq.1 = -0.070 Esq.2 = -0.070 Esq.3 = -0.070 Esq.4 = -0.070

DÍSTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar $d q a$	Borde 1	0.000	0.161	0.256	0.319	0.364	0.396	0.416	0.428	0.432	0.428	0.416	0.396	0.364	0.319	0.256	0.161	0.000
	Borde 2	0.000	0.161	0.256	0.319	0.364	0.396	0.416	0.428	0.432	0.428	0.416	0.396	0.364	0.319	0.256	0.161	0.000
	Borde 3	0.000	0.161	0.256	0.319	0.364	0.396	0.416	0.428	0.432	0.428	0.416	0.396	0.364	0.319	0.256	0.161	0.000
	Borde 4	0.000	0.161	0.256	0.319	0.364	0.396	0.416	0.428	0.432	0.428	0.416	0.396	0.364	0.319	0.256	0.161	0.000

MOMENTOS TORSORES

DÍSTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar $dt q a a$	Borde 1	-0.036	-0.035	-0.032	-0.028	-0.023	-0.017	-0.012	-0.006	0.000	0.006	0.012	0.017	0.023	0.028	0.032	0.035	0.036
	Borde 2	0.036	0.035	0.032	0.028	0.023	0.017	0.012	0.006	0.000	-0.006	-0.012	-0.017	-0.023	-0.028	-0.032	-0.035	-0.036
	Borde 3	0.036	0.035	0.032	0.028	0.023	0.017	0.012	0.006	0.000	-0.006	-0.012	-0.017	-0.023	-0.028	-0.032	-0.035	-0.036
	Borde 4	-0.036	-0.035	-0.032	-0.028	-0.023	-0.017	-0.012	-0.006	0.000	0.006	0.012	0.017	0.023	0.028	0.032	0.035	0.036

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

**TABLA 3.S1-16R (a):
ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES
CON BORDES RIGIDOS, BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TÍPICAS**

CASO S1-16R : **- Losa RECTANGULAR b/a = 2.00**
 - Carga superficial (q) uniformemente distribuida
 - 4 bordes simplemente apoyados

REACCIONES VERTICALES

Reacciones estándar puntuales en las esquinas : $d r q a b$
 Esq.1 = -0.048 Esq.2 = -0.048 Esq.3 = -0.048 Esq.4 = -0.048

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de reacciones verticales estándar d q a	Borde 1	0.000	0.181	0.289	0.366	0.422	0.464	0.492	0.508	0.513	0.508	0.492	0.464	0.422	0.366	0.289	0.181	0.000
	Borde 2	0.000	0.246	0.369	0.434	0.471	0.491	0.502	0.507	0.509	0.507	0.502	0.491	0.471	0.434	0.369	0.246	0.000
	Borde 3	0.000	0.181	0.289	0.366	0.422	0.464	0.492	0.508	0.513	0.508	0.492	0.464	0.422	0.366	0.289	0.181	0.000
	Borde 4	0.000	0.246	0.369	0.434	0.471	0.491	0.502	0.507	0.509	0.507	0.502	0.491	0.471	0.434	0.369	0.246	0.000

MOMENTOS TORSORES

DISTANCIA		0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
Distribución de momento torsor estándar dt q a b	Borde 1	-0.026	-0.025	-0.023	-0.020	-0.017	-0.013	-0.009	-0.004	0.000	0.004	0.009	0.013	0.017	0.020	0.023	0.025	0.026
	Borde 2	0.026	0.024	0.020	0.016	0.012	0.009	0.006	0.003	0.000	-0.003	-0.006	-0.009	-0.012	-0.016	-0.020	-0.024	-0.026
	Borde 3	0.026	0.025	0.023	0.020	0.017	0.013	0.009	0.004	0.000	-0.004	-0.009	-0.013	-0.017	-0.020	-0.023	-0.025	-0.026
	Borde 4	-0.026	-0.024	-0.020	-0.016	-0.012	-0.009	-0.006	-0.003	0.000	0.003	0.006	0.009	0.012	0.016	0.020	0.024	0.026

Nota : La información brindada son distribuciones de esfuerzos a lo largo de los apoyos, no esfuerzos puntuales.

3.3. Análisis de reacciones en apoyos de la losa, como carga distribuida sobre una viga equivalente.

3.3.1. Suposiciones

El objetivo es seleccionar aquella carga distribuida propuesta, que produzca los mismos efectos que produciría la distribución de reacciones reales de los apoyos considerando a estos como elementos de viga que forma parte de un pórtico.

La distribución de reacciones verticales propuesto, también debe servir para conocer aproximadamente la distribución de esfuerzos verticales (valores máximos y su ubicación) cuando los apoyos sean elementos de muro (de albañilería o de concreto armado)

Para el caso en que el apoyo es una viga, se trata es de comparar resultados relativos (diagrama de momentos flectores y diagrama de fuerzas cortantes); para ello la comparación de efectos se puede realizar en una viga doblemente empotrada equivalente, de longitud unitaria y en el que no interese sus dimensiones. Conviene realizar la comparación en una viga empotrada, pues si la distribución propuesta reproduce momentos de empotramiento similares a la que produce la carga distribuida real; esta similitud de valores también se cumplirá para la condición de empotramientos elásticos. (que es la condición mas real en la conexión viga-columna de un pórtico real).

La selección de una viga empotrada en sus dos extremos, como elemento de base de análisis resulta mas interesante.

Los supuestos se pueden resumir en

- La carga distribuida propuesta debe cubrir toda la luz del apoyo.
- Es una característica del análisis de losas, que para cualquier sistema de carga impuesta (perpendicular al plano de la losa), además de las fuerzas de compresión en los apoyos, se producen fuerzas de tracción en las zonas

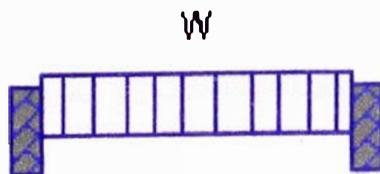
cercanas a las esquinas, los cuales serán ignorados, ya que se busca un sentido práctico al proponer cargas distribuidas regulares, y por lo tanto que estas no sean complejas. Por lo tanto solo se consideran para la evaluación las fuerzas verticales que producen compresión en los apoyos.

- El análisis se realizará en forma independiente para cada uno de los cuatro apoyos
- La selección de la mejor carga distribuida propuesta se realizará en base a los resultados de momentos flectores y fuerza cortante sobre la viga empotrada equivalente, respecto a los mismos efectos producidos por la distribución de reacciones reales; para ello se ha adoptado un indicador del grado de confiabilidad o error entre resultados. (Ver apéndice C).

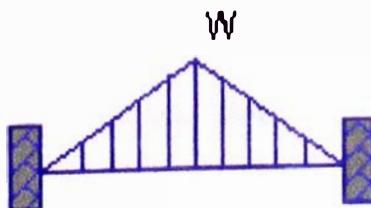
3.3.2. Tipos de cargas distribuidas propuestas a analizar

Las distribuciones de carga propuestas y conocidas consideradas son :

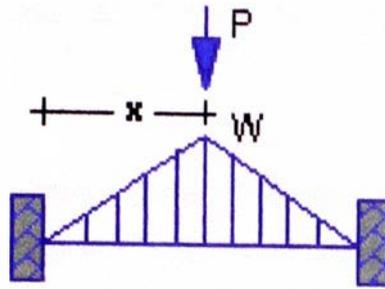
- carga distribuida uniformemente



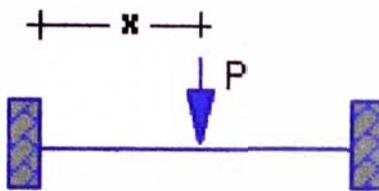
- carga distribuida triangular



- carga puntual y distribuida triangular



- carga puntual



[Se propone estas cargas distribuidas, pues es muy conocido sus formulas de análisis, así como sus diagramas de esfuerzos].

La ubicación de la ordenada máxima y/o de la carga puntual en las 3 últimas carga distribuidas propuestas (distancia x desde el extremo izquierdo), se determina en la ubicación del mayor valor de la carga distribuida real y no siempre es en el centro, pues algunas distribuciones de carga son sesgadas (Ver Gráficos Capítulo 4)

3.3.3. Metodología y criterios adoptados para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada apoyo.

Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta, esta se considero a aquella que resulte con el mayor valor promedio del indicador de confiabilidad R (Ver apéndice C), para los diagramas de momento flector y diagrama de fuerza cortante, respecto a los resultados que producen la carga distribuida real normalizada (tomados como cargas puntuales en sus respectivas ubicaciones,

normalizando la longitud del borde a la unidad) sobre la viga empotrada equivalente.

Para la selección de la mejor carga distribuida, previamente para cada uno de los tipos de carga propuesta (uniforme, triangular, triangular - puntual y puntual), se determinó en forma independiente, el valor (óptimo) de sobrecarga y/o carga que se ajuste lo más posible a los diagramas de la carga distribuida real; y que dependiendo de sus propias características, de los 4 tipos de carga regular que se propone, siempre hay uno que se ajusta mejor.

El análisis se realizó en una hoja de cálculo empleando tablas dinámicas, con una precisión de hasta cinco milésimos tanto para la sobrecarga, como para la carga en las cargas distribuidas propuestas. Cabe indicar que existe un valor que hace máximo al indicador de confiabilidad R , y que para los casos analizados se tiene que el máximo valor de R siempre es menor que 1.0 (esto se daría siempre y cuando la carga distribuida propuesta coincidiera exactamente con la carga distribuida real)

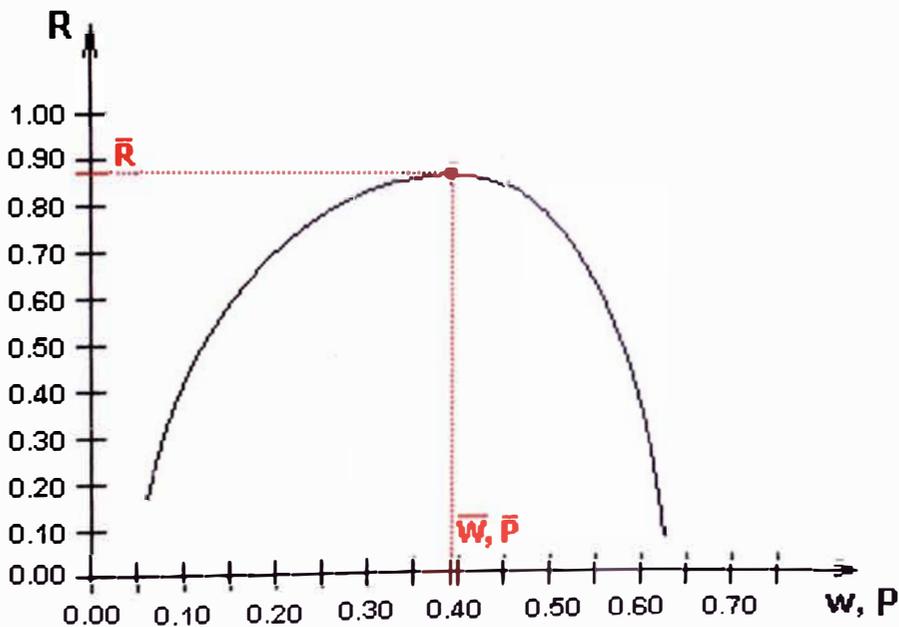


Fig. 3.3 : Variabilidad del indicador R (grado de error entre dos curvas) para los tipos de carga distribuida propuesta.

Cabe recordar que se han ignorado las reacciones verticales que producen tracción a lo largo de los apoyos (zonas cercanas a las esquinas), para mantener el sentido práctico de los resultados. Esto de otro modo puede tomarse como un grado de seguridad para los valores propuestos en la presente investigación.

3.3.4. Tablas con la mejor carga propuesta para cada borde, para el sistema de carga lineal I1.

Cabe mencionar que para todas las cargas distribuidas propuestas, se presentan los valores óptimos, obtenidos a partir del mayor valor de R (confiabilidad) que se alcanzó con la metodología de análisis empleado.

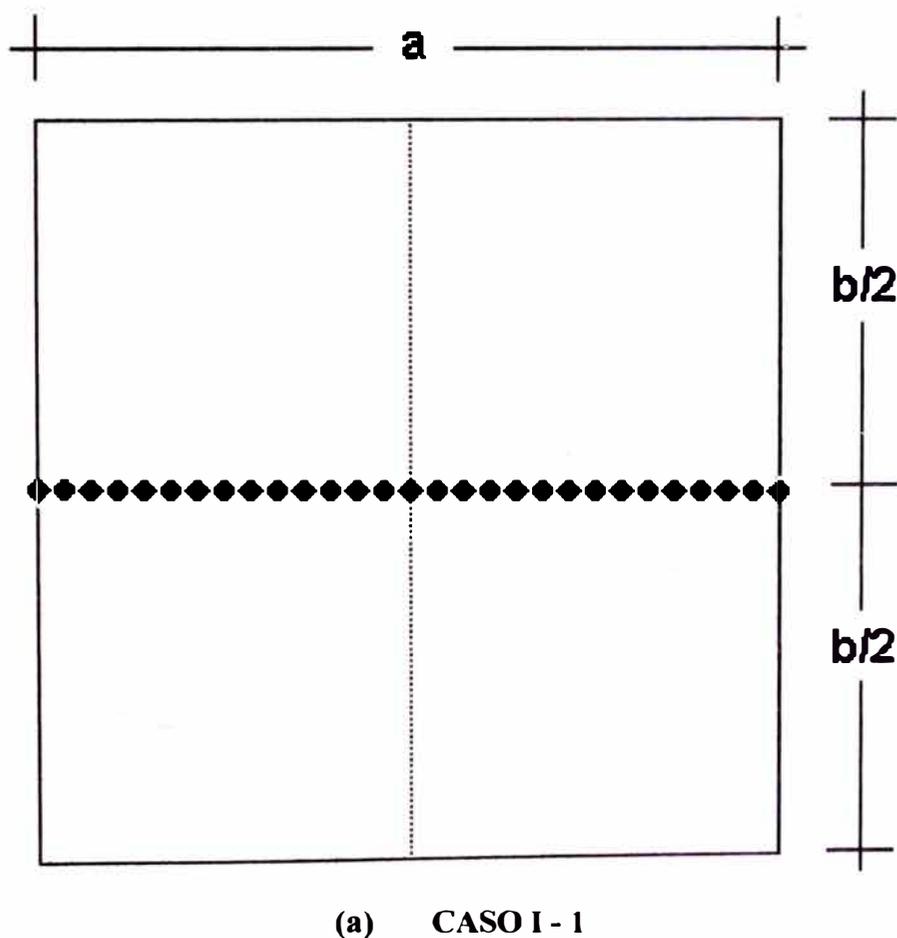


Fig. 3.4. : Carga lineal en forma de I.

**TABLA 3.I1-01C (b):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES**

CASO I1-01C : **- Losa CUADRADA : b/a = 1.00**
 - Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
 - Bordos 1, 2, 3 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE (De longitud unitaria) : RESULTADO PARA LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA

		DISTANCIA	0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000				
BORDE 1 :		CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA : PUNTUAL-TRIANGULAR																	W = 0.305	P = 0.020	% P carga= 17.3%	SumRV: 12.9%	R
Momentos	Real (SAP90)	-0.018	-0.013	-0.008	-0.003	0.001	0.006	0.009	0.011	0.012	0.011	0.009	0.006	0.001	-0.003	-0.008	-0.013	-0.018	0.964				
	Propuesta	-0.018	-0.013	-0.008	-0.003	0.002	0.005	0.009	0.011	0.012	0.011	0.009	0.005	0.002	-0.003	-0.008	-0.013	-0.018	0.964				
Cortantes	Real (SAP90)	0.078	0.078	0.078	0.078	0.073	0.061	0.044	0.023	0.000	-0.023	-0.044	-0.061	-0.073	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	0.909				
	Propuesta	0.086	0.085	0.081	0.076	0.067	0.056	0.043	0.028	0.000	-0.028	-0.043	-0.056	-0.067	-0.076	-0.081	-0.085	-0.086	0.909				
																			R prom: 0.937				
BORDE 2 :		CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA : PUNTUAL-TRIANGULAR																	W = 0.505	P = 0.180	% P carga= 43.3%	SumRV: 37.1%	R
Momentos	Real (SAP90)	-0.048	-0.035	-0.023	-0.010	0.002	0.014	0.025	0.033	0.037	0.033	0.025	0.014	0.002	-0.010	-0.023	-0.035	-0.048	0.967				
	Propuesta	-0.049	-0.035	-0.022	-0.009	0.003	0.014	0.023	0.032	0.038	0.032	0.023	0.014	0.003	-0.009	-0.022	-0.035	-0.049	0.967				
Cortantes	Real (SAP90)	0.200	0.200	0.200	0.200	0.195	0.180	0.151	0.097	-0.000	-0.097	-0.151	-0.180	-0.195	-0.200	-0.200	-0.200	-0.200	0.872				
	Propuesta	0.216	0.214	0.208	0.198	0.185	0.167	0.145	0.120	0.000	-0.120	-0.145	-0.167	-0.185	-0.198	-0.208	-0.214	-0.216	0.872				
																			R prom: 0.920				
BORDE 3 :		CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA : PUNTUAL-TRIANGULAR																	W = 0.305	P = 0.020	% P carga= 17.3%	SumRV: 12.9%	R
Momentos	Real (SAP90)	-0.018	-0.013	-0.008	-0.003	0.001	0.006	0.009	0.011	0.012	0.011	0.009	0.006	0.001	-0.003	-0.008	-0.013	-0.018	0.964				
	Propuesta	-0.018	-0.013	-0.008	-0.003	0.002	0.005	0.009	0.011	0.012	0.011	0.009	0.005	0.002	-0.003	-0.008	-0.013	-0.018	0.964				
Cortantes	Real (SAP90)	0.078	0.078	0.078	0.078	0.073	0.061	0.044	0.023	0.000	-0.023	-0.044	-0.061	-0.073	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	0.909				
	Propuesta	0.086	0.085	0.081	0.076	0.067	0.056	0.043	0.028	0.000	-0.028	-0.043	-0.056	-0.067	-0.076	-0.081	-0.085	-0.086	0.909				
																			R prom: 0.937				
BORDE 4 :		CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA : PUNTUAL-TRIANGULAR																	W = 0.505	P = 0.180	% P carga= 43.3%	SumRV: 37.1%	R
Momentos	Real (SAP90)	-0.048	-0.035	-0.023	-0.010	0.002	0.014	0.025	0.033	0.037	0.033	0.025	0.014	0.002	-0.010	-0.023	-0.035	-0.048	0.967				
	Propuesta	-0.049	-0.035	-0.022	-0.009	0.003	0.014	0.023	0.032	0.038	0.032	0.023	0.014	0.003	-0.009	-0.022	-0.035	-0.049	0.967				
Cortantes	Real (SAP90)	0.200	0.200	0.200	0.200	0.195	0.180	0.151	0.097	-0.000	-0.097	-0.151	-0.180	-0.195	-0.200	-0.200	-0.200	-0.200	0.872				
	Propuesta	0.216	0.214	0.208	0.198	0.185	0.167	0.145	0.120	0.000	-0.120	-0.145	-0.167	-0.185	-0.198	-0.208	-0.214	-0.216	0.872				
																			R prom: 0.920				

**TABLA 3.I1-01C (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-01C : **Lpsa CUADRADA b/a = 1 00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

15.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.240	--	24.0%	0.871	0.738	0.804
Triangular	0.360	--	18.0%	0.948	0.908	0.928
Puntual-triangular	0.305	0.020	17.3%	0.964	0.909	0.937
Puntual	--	0.140	14.0%	0.870	0.636	0.753

BORDE 2 :

40.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.610	--	61.0%	0.809	0.683	0.746
Triangular	0.930	--	46.5%	0.888	0.838	0.863
Puntual-triangular	0.505	0.180	43.3%	0.967	0.872	0.920
Puntual	--	0.375	37.5%	0.922	0.733	0.828

BORDE 3 :

15.6%

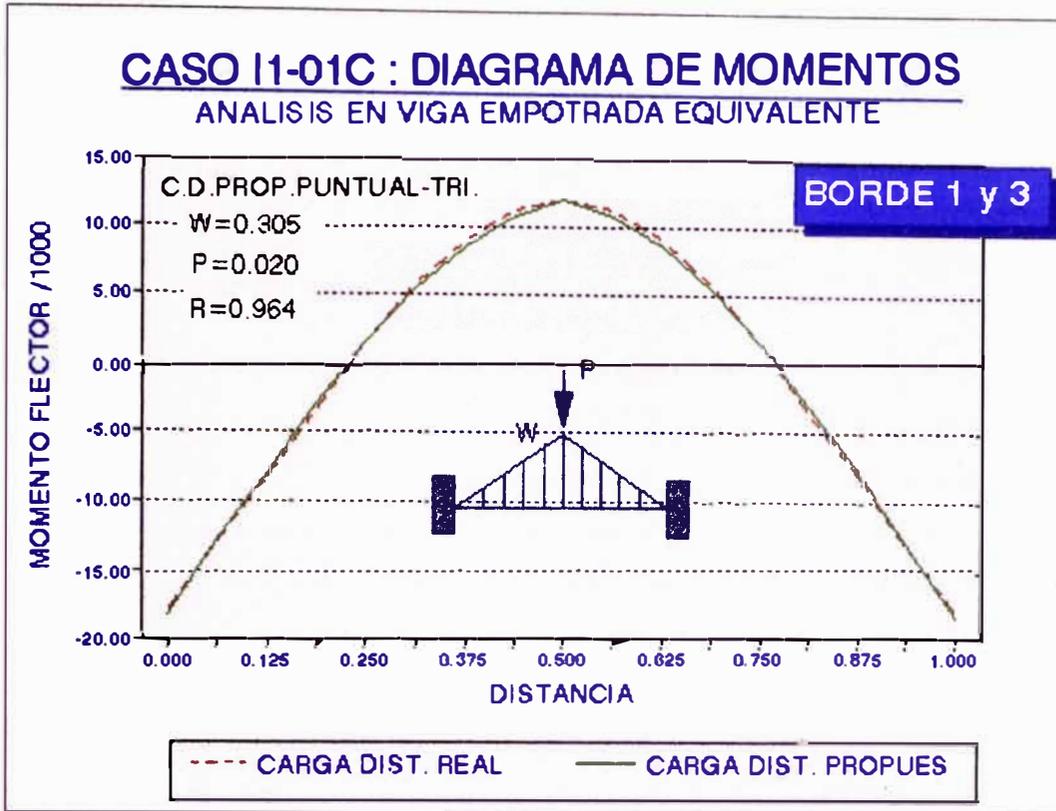
Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.240	--	24.0%	0.871	0.738	0.804
Triangular	0.360	--	18.0%	0.948	0.908	0.928
Puntual-triangular	0.305	0.020	17.3%	0.964	0.909	0.937
Puntual	--	0.140	14.0%	0.870	0.636	0.753

BORDE 4 :

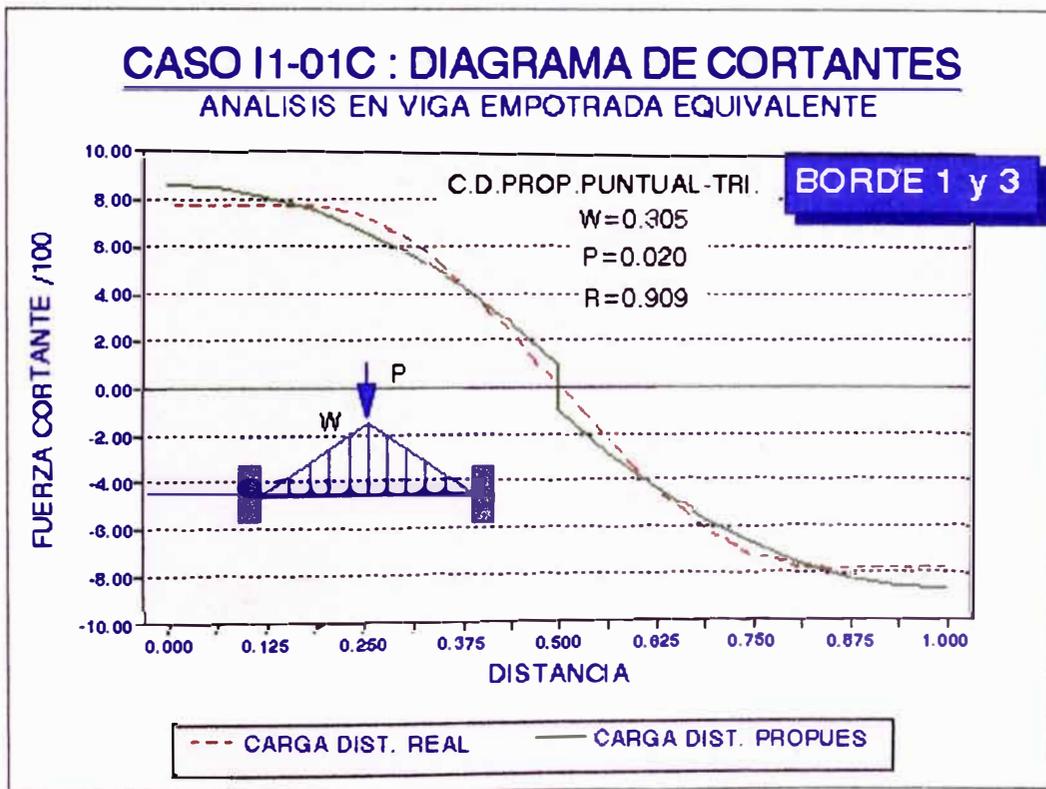
40.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.610	--	61.0%	0.809	0.683	0.746
Triangular	0.930	--	46.5%	0.888	0.838	0.863
Puntual-triangular	0.505	0.180	43.3%	0.967	0.872	0.920
Puntual	--	0.375	37.5%	0.922	0.733	0.828

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)



(a) B. empotrado



(b) B. empotrado

Gráfico 3.3.I1-01C : Distribución de esfuerzos en viga empotrada equivalente, para una losa CUADRADA ($b/a=1.0$)

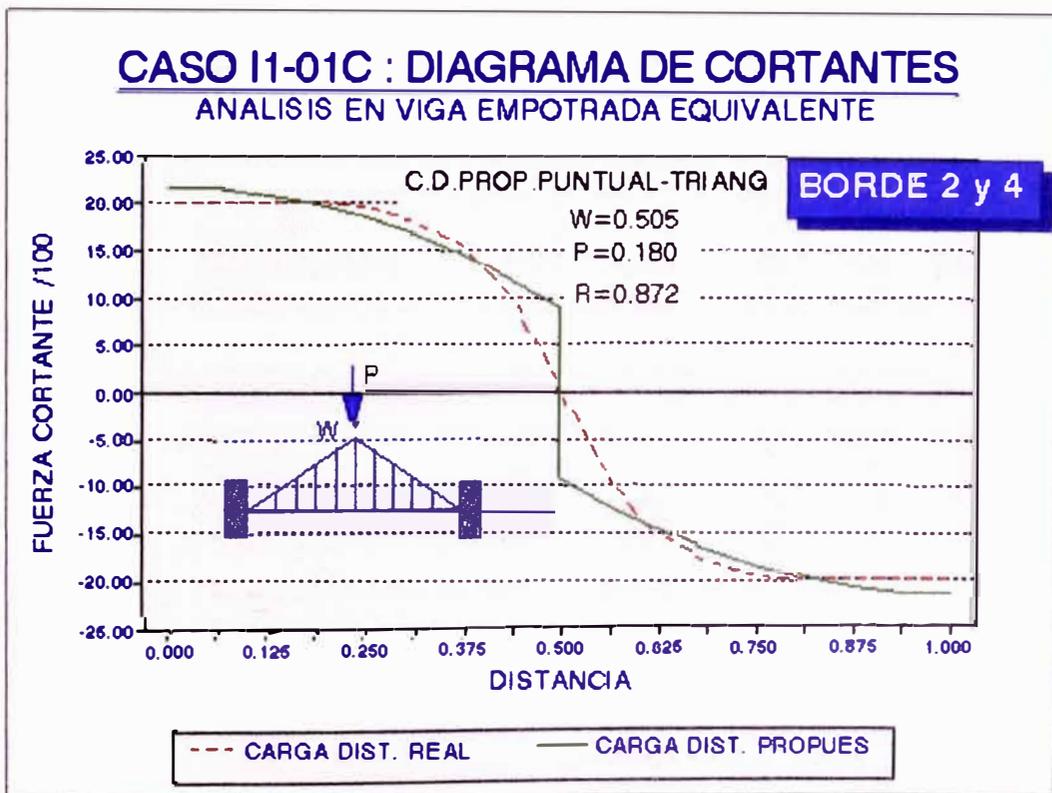
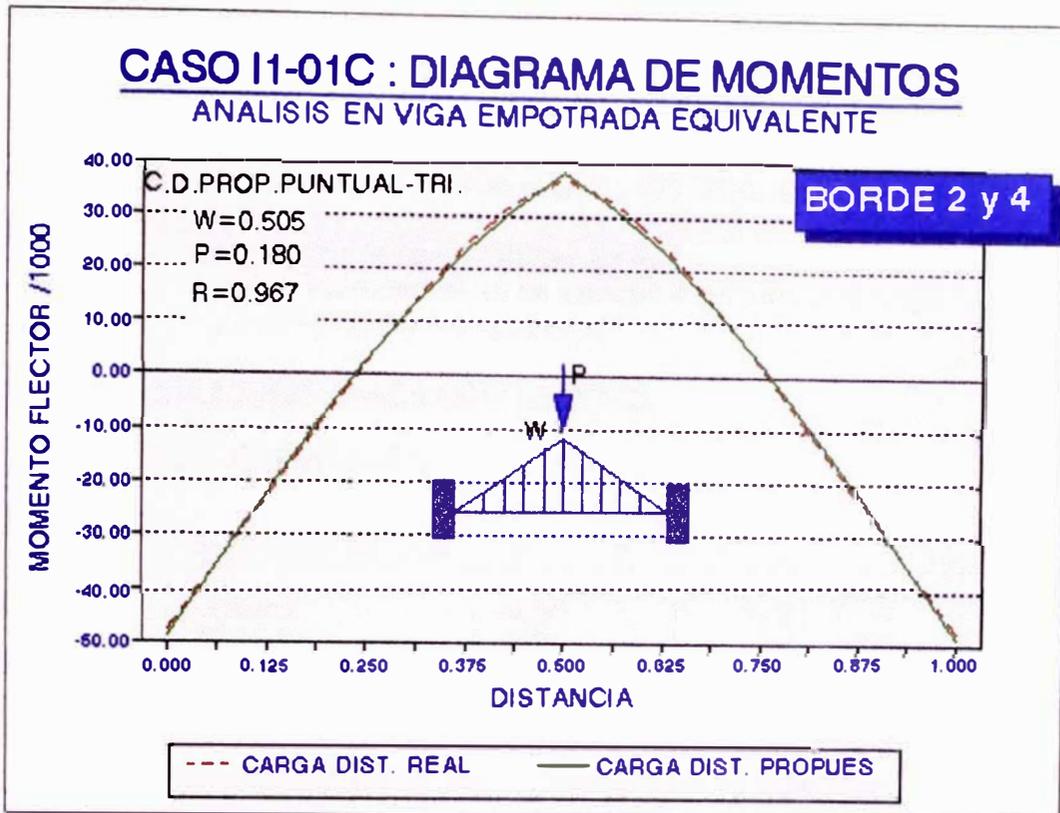


Gráfico 3.3.I1-01C : Distribución de esfuerzos en viga empotrada equivalente, para una losa CUADRADA ($b/a=1.0$)

TABLA 3.I1-01R (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO I1-01R : **Cosa RECTANGULAR : $B/B = 2/00$**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

0.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.010	--	1.0%	0.787	0.686	0.736
Triangular	0.015	--	0.8%	0.827	0.833	0.830
Puntual-triangular	0.005	0.005	0.8%	0.930	0.791	0.861
Puntual	--	0.005	0.5%	0.770	0.626	0.698

BORDE 2 :

51.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.390	--	78.0%	0.782	0.659	0.721
Triangular	0.600	--	60.0%	0.862	0.807	0.834
Puntual-triangular	0.170	0.180	53.0%	0.974	0.855	0.915
Puntual	--	0.245	49.0%	0.946	0.776	0.861

BORDE 3 :

0.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.010	--	1.0%	0.787	0.686	0.736
Triangular	0.015	--	0.8%	0.827	0.833	0.830
Puntual-triangular	0.005	0.005	0.8%	0.930	0.791	0.861
Puntual	--	0.005	0.5%	0.770	0.626	0.698

BORDE 4 :

51.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.390	--	78.0%	0.782	0.659	0.721
Triangular	0.600	--	60.0%	0.862	0.807	0.834
Puntual-triangular	0.170	0.180	53.0%	0.974	0.855	0.915
Puntual	--	0.245	49.0%	0.946	0.776	0.861

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.I1-01Rm (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO I1-01Rm : Losa RECTANGULAR : $b/a = 0.40$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

36.4%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.490	=	49.0%	0.956	0.900	0.928
Triangular	0.865	--	43.3%	0.811	0.656	0.734
Puntual-triangular	0.865	0.000	43.3%	0.811	0.656	0.734
Puntual	--	--	--	--	--	--

BORDE 2 :

16.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.645	--	25.8%	0.819	0.676	0.748
Triangular	0.945	--	18.9%	0.891	0.839	0.865
Puntual-triangular	0.515	0.180	17.5%	0.968	0.874	0.921
Puntual	--	0.380	15.2%	0.921	0.731	0.826

BORDE 3 :

36.4%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.490	=	49.0%	0.956	0.900	0.928
Triangular	0.865	--	43.3%	0.811	0.656	0.734
Puntual-triangular	0.865	0.000	43.3%	0.811	0.656	0.734
Puntual	--	--	--	--	--	--

BORDE 4 :

16.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.645	--	25.8%	0.819	0.676	0.748
Triangular	0.945	--	18.9%	0.891	0.839	0.865
Puntual-triangular	0.515	0.180	17.5%	0.968	0.874	0.921
Puntual	--	0.380	15.2%	0.921	0.731	0.826

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.I1-04C (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO I1-04C : - Losa CUADRADA : $b/a = 1.00$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

18.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.250	--	25.0%	0.868	0.735	0.802
Triangular	0.375	--	18.8%	0.946	0.905	0.925
Puntual-triangular	0.310	0.025	18.0%	0.966	0.904	0.935
Puntual	--	0.145	14.5%	0.872	0.639	0.755

BORDE 2 :

45.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.675	--	67.5%	0.827	0.708	0.768
Triangular	1.050	--	52.5%	0.913	0.856	0.884
Puntual-triangular	0.690	0.150	49.5%	0.964	0.891	0.928
Puntual	--	0.405	40.5%	0.903	0.705	0.804

BORDE 3 :

7.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.115	--	11.5%	0.847	0.710	0.779
Triangular	0.170	--	8.5%	0.921	0.878	0.899
Puntual-triangular	0.135	0.015	8.3%	0.956	0.883	0.920
Puntual	--	0.065	6.5%	0.885	0.666	0.776

BORDE 4 :

45.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.675	--	67.5%	0.827	0.708	0.768
Triangular	1.050	--	52.5%	0.913	0.856	0.884
Puntual-triangular	0.690	0.150	49.5%	0.964	0.891	0.928
Puntual	--	0.405	40.5%	0.903	0.705	0.804

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-04R (c) :

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO T1-04R : Losa RECTANGULAR b/a = 2.00

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Borde 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

0.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.010	--	1.0%	0.788	0.685	0.737
Triangular	0.015	--	0.8%	0.831	0.833	0.832
Puntual-triangular	0.005	0.005	0.8%	0.928	0.789	0.858
Puntual	--	0.005	0.5%	0.774	0.628	0.701

BORDE 2 :

51.4%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.395	--	79.0%	0.785	0.658	0.722
Triangular	0.600	--	60.0%	0.862	0.808	0.835
Puntual-triangular	0.245	0.150	54.5%	0.967	0.862	0.915
Puntual	--	0.245	49.0%	0.945	0.775	0.860

BORDE 3 :

0.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.000	--	0.0%	0.000	0.000	0.000
Triangular	0.000	--	0.0%	0.000	0.000	0.000
Puntual-triangular	0.000	0.000	0.0%	0.000	0.000	0.000
Puntual	--	0.000	0.0%	0.000	0.000	0.000

BORDE 4 :

51.4%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.395	--	79.0%	0.785	0.658	0.722
Triangular	0.600	--	60.0%	0.862	0.808	0.835
Puntual-triangular	0.245	0.150	54.5%	0.967	0.862	0.915
Puntual	--	0.245	49.0%	0.945	0.775	0.860

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.I1-04Rm (c) :

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO I1-04Rm : **Losa RECTANGULAR b/a = 0.40**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Borde 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

46.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.630	--	63.0%	0.945	0.864	0.904
Triangular	0.930	--	46.5%	0.972	0.957	0.965
Puntual-triangular	0.930	0.000	46.5%	0.972	0.957	0.965
Puntual	--	0.340	34.0%	0.794	0.220	0.658

BORDE 2 :

20.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.750	--	30.0%	0.833	0.719	0.776
Triangular	1.190	--	23.8%	0.915	0.864	0.890
Puntual-triangular	0.960	0.100	23.2%	0.948	0.891	0.920
Puntual	--	0.445	17.8%	0.891	0.686	0.789

BORDE 3 :

21.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.300	--	30.0%	0.938	0.849	0.894
Triangular	0.675	--	33.8%	0.815	0.706	0.761
Puntual-triangular	0.680	0.005	34.5%	0.817	0.707	0.762
Puntual	--	--	--	--	--	--

BORDE 4 :

20.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.750	--	30.0%	0.833	0.719	0.776
Triangular	1.190	--	23.8%	0.915	0.864	0.890
Puntual-triangular	0.960	0.100	23.2%	0.948	0.891	0.920
Puntual	--	0.445	17.8%	0.891	0.686	0.789

Nota :

- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
- * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
- * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-05C (c) :

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO II-05C : **- Losa CUADRADA b/a = 1.00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 4 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

24.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.345	--	34.5%	0.874	0.783	0.829
Triangular	0.505	--	25.3%	0.928	0.884	0.906
Puntual-triangular	0.475	0.010	24.8%	0.934	0.889	0.912
Puntual	--	0.195	19.5%	0.831	0.572	0.701

BORDE 2 :

41.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.640	--	64.0%	0.813	0.680	0.747
Triangular	0.955	--	47.8%	0.888	0.839	0.864
Puntual-triangular	0.500	0.190	44.0%	0.966	0.872	0.919
Puntual	--	0.385	38.5%	0.921	0.732	0.827

BORDE 3 :

24.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.345	--	34.5%	0.874	0.783	0.829
Triangular	0.505	--	25.3%	0.928	0.884	0.906
Puntual-triangular	0.475	0.010	24.8%	0.934	0.889	0.912
Puntual	--	0.195	19.5%	0.831	0.572	0.701

BORDE 4 :

27.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.435	--	43.5%	0.810	0.669	0.740
Triangular	0.635	--	31.8%	0.880	0.830	0.855
Puntual-triangular	0.355	0.120	29.8%	0.963	0.868	0.916
Puntual	--	0.260	26.0%	0.927	0.744	0.836

Nota :

- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
- * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
- * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-05R (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL
 CASO II-05R : **- Losa RECTANGULAR b/a = 2.00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Borde 4 simplemente apoyados y bordes 1, 2 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

4.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.070	--	7.0%	0.798	0.680	0.739
Triangular	0.100	--	5.0%	0.867	0.808	0.838
Puntual-triangular	0.070	0.010	4.5%	0.916	0.821	0.869
Puntual	--	0.040	4.0%	0.836	0.590	0.713

BORDE 2 :

61.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.470	--	94.0%	0.799	0.671	0.735
Triangular	0.710	--	71.0%	0.875	0.825	0.850
Puntual-triangular	0.255	0.190	63.5%	0.973	0.863	0.918
Puntual	--	0.290	58.0%	0.934	0.755	0.845

BORDE 3 :

4.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.070	--	7.0%	0.798	0.680	0.739
Triangular	0.100	--	5.0%	0.867	0.808	0.838
Puntual-triangular	0.070	0.010	4.5%	0.916	0.821	0.869
Puntual	--	0.040	4.0%	0.836	0.590	0.713

BORDE 4 :

38.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.300	--	60.0%	0.791	0.659	0.725
Triangular	0.450	--	45.0%	0.865	0.812	0.839
Puntual-triangular	0.165	0.120	40.5%	0.970	0.859	0.915
Puntual	--	0.185	37.0%	0.943	0.770	0.857

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

**TABLA 3.I1-05Rm (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-05Rm : - Losa RECTANGULAR : $b/a = 0.40$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Borde 4 simplemente apoyados y bordes 1, 2 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

40.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.495	=	49.5%	0.965	0.880	0.923
Triangular	0.730	--	36.5%	0.890	0.858	0.874
Puntual-triangular	0.730	0.000	36.5%	0.890	0.585	0.874
Puntual	--	0.250	25.0%	0.448	0.341	0.395

BORDE 2 :

16.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.645	--	25.8%	0.819	0.676	0.748
Triangular	0.945	--	18.9%	0.891	0.839	0.865
Puntual-triangular	0.485	0.190	17.3%	0.968	0.873	0.921
Puntual	--	0.380	15.2%	0.921	0.731	0.826

BORDE 3 :

40.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.495	=	49.5%	0.965	0.880	0.923
Triangular	0.730	--	36.5%	0.890	0.858	0.874
Puntual-triangular	0.730	0.000	36.5%	0.890	0.585	0.874
Puntual	--	0.250	25.0%	0.448	0.341	0.395

BORDE 4 :

10.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.410	--	16.4%	0.799	0.676	0.738
Triangular	0.630	--	12.6%	0.880	0.828	0.854
Puntual-triangular	0.350	0.120	11.8%	0.962	0.864	0.913
Puntual	--	0.255	10.2%	0.928	0.744	0.836

- Nota :**
- La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.I1-09C (c) :

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-09C : - Losa CUADRADA $b/a = 1.00$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1 y 4 simplemente apoyado y bordes 2 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

13.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.200	--	20.0%	0.849	0.730	0.790
Triangular	0.290	--	14.5%	0.928	0.890	0.909
Puntual-triangular	0.270	0.010	14.5%	0.946	0.892	0.919
Puntual	--	0.110	11.0%	0.801	0.557	0.679

BORDE 2 :

48.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.705	--	70.5%	0.826	0.716	0.771
Triangular	1.125	--	56.3%	0.916	0.859	0.888
Puntual-triangular	0.805	0.130	53.3%	0.957	0.896	0.927
Puntual	--	0.425	42.5%	0.899	0.696	0.798

BORDE 3 :

27.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.385	--	38.5%	0.875	0.778	0.826
Triangular	0.555	--	27.8%	0.923	0.877	0.900
Puntual-triangular	0.515	0.015	27.3%	0.931	0.885	0.908
Puntual	--	0.215	21.5%	0.832	0.575	0.704

BORDE 4 :

32.5%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.470	--	47.0%	0.818	0.771	0.764
Triangular	0.755	--	37.8%	0.910	0.850	0.880
Puntual-triangular	0.510	0.100	35.5%	0.953	0.886	0.920
Puntual	--	0.285	28.5%	0.903	0.705	0.804

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

**TABLA 3.I1-09R (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-09R : **- Losa RECTANGULAR : b/a = 2.00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1 y 4 simplemente apoyados y bordes 2 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

2.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.025	--	2.5%	0.720	0.618	0.669
Triangular	0.040	--	2.0%	0.812	0.729	0.770
Puntual-triangular	0.015	0.010	1.8%	0.907	0.733	0.820
Puntual	--	0.015	1.5%	0.839	0.601	0.720

BORDE 2 :

62.5%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.475	--	95.0%	0.802	0.677	0.740
Triangular	0.720	--	72.0%	0.879	0.830	0.855
Puntual-triangular	0.410	0.130	67.0%	0.961	0.880	0.921
Puntual	--	0.295	59.0%	0.930	0.750	0.840

BORDE 3 :

4.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.070	--	7.0%	0.798	0.680	0.739
Triangular	0.100	--	5.0%	0.866	0.808	0.837
Puntual-triangular	0.060	0.015	4.5%	0.928	0.804	0.866
Puntual	--	0.040	4.0%	0.837	0.590	0.713

BORDE 4 :

39.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.300	--	60.0%	0.792	0.663	0.728
Triangular	0.455	--	45.5%	0.869	0.815	0.842
Puntual-triangular	0.215	0.100	41.5%	0.963	0.868	0.916
Puntual	--	0.185	37.0%	0.940	0.766	0.853

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-09Rm (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO II-09Rm : **- Losa RECTANGULAR - $b/a = 0.40$**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1 y 4 simplemente apoyados y bordes 2 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

24.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.315	--	31.5%	0.953	0.868	0.911
Triangular	0.470	--	23.5%	0.929	0.904	0.916
Puntual-triangular	0.470	0.000	23.5%	0.929	0.904	0.916
Puntual	--	0.175	17.5%	0.624	0.397	0.511

BORDE 2 :

20.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.750	--	30.0%	0.833	0.719	0.776
Triangular	1.190	--	23.8%	0.915	0.864	0.890
Puntual-triangular	0.930	0.110	23.0%	0.949	0.891	0.920
Puntual	--	0.440	17.6%	0.891	0.685	0.788

BORDE 3 :

52.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.655	--	65.5%	0.956	0.882	0.919
Triangular	0.970	--	48.5%	0.945	0.914	0.930
Puntual-triangular	0.970	0.000	48.5%	0.945	0.914	0.930
Puntual	--	0.345	34.5%	0.708	0.452	0.580

BORDE 4 :

14.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.515	--	20.6%	0.828	0.706	0.767
Triangular	0.810	--	16.2%	0.903	0.852	0.878
Puntual-triangular	0.655	0.070	15.9%	0.937	0.875	0.906
Puntual	--	0.295	11.8%	0.894	0.691	0.793

- Nota :**
- La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-10C (c) :

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO II-10C : **Losa CUADRADA : b/a = 1.00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1 y 3 simplemente apoyado y bordes 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

7.5%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.120	--	12.0%	0.848	0.705	0.776
Triangular	0.175	--	8.8%	0.919	0.875	0.897
Puntual-triangular	0.125	0.020	8.3%	0.956	0.879	0.918
Puntual	--	0.070	7.0%	0.890	0.677	0.783

BORDE 2 :

51.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.740	--	74.0%	0.846	0.739	0.793
Triangular	1.120	--	56.0%	0.926	0.898	0.912
Puntual-triangular	0.740	0.160	53.0%	0.983	0.922	0.953
Puntual	--	0.450	45.0%	0.891	0.681	0.786

BORDE 3 :

7.5%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.120	--	12.0%	0.848	0.705	0.776
Triangular	0.175	--	8.8%	0.919	0.875	0.897
Puntual-triangular	0.125	0.020	8.3%	0.956	0.879	0.918
Puntual	--	0.070	7.0%	0.890	0.677	0.783

BORDE 4 :

51.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.740	--	74.0%	0.846	0.739	0.793
Triangular	1.120	--	56.0%	0.926	0.898	0.912
Puntual-triangular	0.740	0.160	53.0%	0.983	0.922	0.953
Puntual	--	0.450	45.0%	0.891	0.681	0.786

- Nota :**
- La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

**TABLA 3.I1-10R (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-10R : **- Losa RECTANGULAR : b/a = 2.00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1 y 3 simplemente apoyados y bordes 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

0.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.000	=	0.0%	=	=	=
Triangular	0.000	--	0.0%	--	--	--
Puntual-triangular	0.000	0.000	0.0%	--	--	--
Puntual	--	0.000	0.0%	--	--	--

BORDE 2 :

51.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.400	--	80.0%	0.788	0.657	0.723
Triangular	0.600	--	60.0%	0.862	0.810	0.836
Puntual-triangular	0.225	0.160	54.5%	0.971	0.860	0.916
Puntual	--	0.250	50.0%	0.943	0.777	0.860

BORDE 3 :

0.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.000	=	0.0%	=	=	=
Triangular	0.000	--	0.0%	--	--	--
Puntual-triangular	0.000	0.000	0.0%	--	--	--
Puntual	--	0.000	0.0%	--	--	--

BORDE 4 :

51.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.400	--	80.0%	0.788	0.657	0.723
Triangular	0.600	--	60.0%	0.862	0.810	0.836
Puntual-triangular	0.225	0.160	54.5%	0.971	0.860	0.916
Puntual	--	0.250	50.0%	0.943	0.777	0.860

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

**TABLA 3.I1-10Rm (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-10Rm : - Losa RECTANGULAR : $b/a = 0.40$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1 y 3 simplemente apoyados y bordes 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

29.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.425	--	42.5%	0.923	0.821	0.872
Triangular	0.620	--	31.0%	0.982	0.962	0.972
Puntual-triangular	0.620	0.000	31.0%	0.982	0.962	0.972
Puntual	--	0.240	24.0%	0.819	0.553	0.686

BORDE 2 :

29.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	1.030	--	41.2%	0.876	0.773	0.825
Triangular	1.535	--	30.7%	0.953	0.937	0.945
Puntual-triangular	1.230	0.130	29.8%	0.990	0.955	0.973
Puntual	--	0.600	24.0%	0.866	0.639	0.752

BORDE 3 :

29.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.425	--	42.5%	0.923	0.821	0.872
Triangular	0.620	--	31.0%	0.982	0.962	0.972
Puntual-triangular	0.620	0.000	31.0%	0.982	0.962	0.972
Puntual	--	0.240	24.0%	0.819	0.553	0.686

BORDE 4 :

29.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	1.030	--	41.2%	0.876	0.773	0.825
Triangular	1.535	--	30.7%	0.953	0.937	0.945
Puntual-triangular	1.230	0.130	29.8%	0.990	0.955	0.973
Puntual	--	0.600	24.0%	0.866	0.639	0.752

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

**TABLA 3.II-11C (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL
CASO I1-11C : - Losa CUADRADA : b/a = 1.00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 2 y 4 simplemente apoyado y bordes 1 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

34.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcargo	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.445	--	44.5%	0.948	0.879	0.913
Triangular	0.660	--	33.0%	0.971	0.951	0.961
Puntual-triangular	0.660	0.000	33.0%	0.971	0.951	0.961
Puntual	--	0.240	24.0%	0.794	0.522	0.658

BORDE 2 :

27.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcargo	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.435	--	43.5%	0.807	0.670	0.739
Triangular	0.645	--	32.3%	0.881	0.829	0.855
Puntual-triangular	0.365	0.120	30.3%	0.963	0.867	0.915
Puntual	--	0.260	26.0%	0.928	0.744	0.836

BORDE 3 :

34.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcargo	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.445	--	44.5%	0.948	0.879	0.913
Triangular	0.660	--	33.0%	0.971	0.951	0.961
Puntual-triangular	0.660	0.000	33.0%	0.971	0.951	0.961
Puntual	--	0.240	24.0%	0.794	0.522	0.658

BORDE 4 :

27.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcargo	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.435	--	43.5%	0.807	0.670	0.739
Triangular	0.645	--	32.3%	0.881	0.829	0.855
Puntual-triangular	0.365	0.120	30.3%	0.963	0.867	0.915
Puntual	--	0.260	26.0%	0.928	0.744	0.836

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcargo semejante al %Pcargo con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-11R (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO II-11R : **- Losa RECTANGULAR : $b/a = 2.00$**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 2 y 4 simplemente apoyados y bordes 1 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

13.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.180	--	18.0%	0.939	0.868	0.903
Triangular	0.270	=	13.5%	0.976	0.963	0.970
Puntual-triangular	0.270	0.000	13.5%	0.976	0.963	0.970
Puntual	--	0.100	10.0%	0.802	0.531	0.667

BORDE 2 :

46.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.355	--	71.0%	0.800	0.671	0.736
Triangular	0.540	--	54.0%	0.879	0.824	0.852
Puntual-triangular	0.255	0.120	49.5%	0.969	0.866	0.918
Puntual	--	0.220	44.0%	0.931	0.752	0.842

BORDE 3 :

13.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.180	--	18.0%	0.939	0.868	0.903
Triangular	0.270	=	13.5%	0.976	0.963	0.970
Puntual-triangular	0.270	0.000	13.5%	0.976	0.963	0.970
Puntual	--	0.100	10.0%	0.802	0.531	0.667

BORDE 4 :

46.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.355	--	71.0%	0.800	0.671	0.736
Triangular	0.540	--	54.0%	0.879	0.824	0.852
Puntual-triangular	0.255	0.120	49.5%	0.969	0.866	0.918
Puntual	--	0.220	44.0%	0.931	0.752	0.842

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-11Rm (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO I1-11Rm : **Losa RECTANGULAR : b/a = 0.40**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 2 y 4 simplemente apoyados y bordes 1 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

43.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.510	--	51.0%	0.985	0.953	0.969
Triangular	0.990	--	49.5%	0.825	0.734	0.780
Puntual-triangular	0.990	0.000	49.5%	0.825	0.734	0.780
Puntual	--	--	--	--	--	--

BORDE 2 :

10.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.410	--	16.4%	0.799	0.676	0.738
Triangular	0.630	--	12.6%	0.880	0.828	0.854
Puntual-triangular	0.350	0.120	11.8%	0.962	0.864	0.913
Puntual	--	0.255	10.2%	0.928	0.744	0.836

BORDE 3 :

43.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.510	--	51.0%	0.985	0.953	0.969
Triangular	0.990	--	49.5%	0.825	0.734	0.780
Puntual-triangular	0.990	0.000	49.5%	0.825	0.734	0.780
Puntual	--	--	--	--	--	--

BORDE 4 :

10.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.410	--	16.4%	0.799	0.676	0.738
Triangular	0.630	--	12.6%	0.880	0.828	0.854
Puntual-triangular	0.350	0.120	11.8%	0.962	0.864	0.913
Puntual	--	0.255	10.2%	0.928	0.744	0.836

Nota :

- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
- * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
- * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-14C (c):

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-14C : **- Losa CUADRADA : b/a = 1.00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1,3 y 4 simplemente apoyado y borde 2 empotrado

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

15.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.215	--	21.5%	0.839	0.728	0.784
Triangular	0.320	--	16.0%	0.922	0.880	0.901
Puntual-triangular	0.295	0.010	15.8%	0.939	0.885	0.912
Puntual	--	0.125	12.5%	0.807	0.562	0.685

BORDE 2 :

58.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.800	--	80.0%	0.849	0.756	0.803
Triangular	1.245	--	62.3%	0.935	0.910	0.923
Puntual-triangular	0.860	0.160	59.0%	0.985	0.932	0.959
Puntual	--	0.495	49.5%	0.883	0.667	0.775

BORDE 3 :

15.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.215	--	21.5%	0.839	0.728	0.784
Triangular	0.320	--	16.0%	0.922	0.880	0.901
Puntual-triangular	0.295	0.010	15.8%	0.939	0.885	0.912
Puntual	--	0.125	12.5%	0.807	0.562	0.685

BORDE 4 :

38.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.550	--	55.0%	0.850	0.747	0.799
Triangular	0.835	--	41.8%	0.931	0.905	0.918
Puntual-triangular	0.600	0.100	40.0%	0.983	0.930	0.957
Puntual	--	0.335	33.5%	0.886	0.672	0.779

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.I1-14R (c):

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-14R : **- Losa RECTANGULAR : b/a = 2.00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordos 1,3 y 4 simplemente apoyados y borde 2 empotrado

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

2.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.030	--	3.0%	0.737	0.637	0.687
Triangular	0.040	--	2.0%	0.812	0.728	0.770
Puntual-triangular	0.015	0.010	1.8%	0.907	0.733	0.820
Puntual	--	0.015	1.5%	0.839	0.601	0.720

BORDE 2 :

63.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.495	--	99.0%	0.812	0.679	0.746
Triangular	0.730	--	73.0%	0.884	0.837	0.861
Puntual-triangular	0.350	0.160	67.0%	0.974	0.880	0.927
Puntual	--	0.295	59.0%	0.927	0.743	0.835

BORDE 3 :

2.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.030	--	3.0%	0.737	0.637	0.687
Triangular	0.040	--	2.0%	0.812	0.728	0.770
Puntual-triangular	0.015	0.010	1.8%	0.907	0.733	0.820
Puntual	--	0.015	1.5%	0.839	0.601	0.720

BORDE 4 :

39.4%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.300	--	60.0%	0.793	0.669	0.731
Triangular	0.460	--	46.0%	0.872	0.819	0.845
Puntual-triangular	0.225	0.100	42.5%	0.969	0.869	0.919
Puntual	--	0.190	38.0%	0.936	0.765	0.850

- Nota :**
- La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-14Rm (c):

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-14Rm : - Losa RECTANGULAR : $b/a = 0.40$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1,3 y 4 simplemente apoyados y borde 2 empotrado

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

35.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.460	--	46.0%	0.938	0.864	0.901
Triangular	0.670	--	33.5%	0.966	0.933	0.950
Puntual-triangular	0.670	0.000	33.5%	0.966	0.933	0.950
Puntual	--	0.250	25.0%	0.793	0.505	0.644

BORDE 2 :

29.4%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	1.020	--	40.8%	0.873	0.776	0.825
Triangular	1.540	--	30.8%	0.954	0.937	0.945
Puntual-triangular	1.260	0.120	30.0%	0.990	0.955	0.973
Puntual	--	0.600	24.0%	0.865	0.639	0.752

BORDE 3 :

35.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.460	--	46.0%	0.938	0.864	0.901
Triangular	0.670	--	33.5%	0.966	0.933	0.950
Puntual-triangular	0.670	0.000	33.5%	0.966	0.933	0.950
Puntual	--	0.250	25.0%	0.793	0.505	0.644

BORDE 4 :

20.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.715	--	28.6%	0.872	0.775	0.824
Triangular	1.085	--	21.7%	0.954	0.935	0.945
Puntual-triangular	0.845	0.100	20.9%	0.989	0.950	0.970
Puntual	--	0.420	16.8%	0.865	0.638	0.752

Nota :

- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
- * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
- * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-15C (c) :

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO II-15C : - Losa CUADRADA : $b/a = 1.00$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1,2 y 4 simplemente apoyado y borde 3 empotrado

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

21.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.280	--	28.0%	0.946	0.876	0.911
Triangular	0.415	--	20.8%	0.972	0.954	0.963
Puntual-triangular	0.415	0.000	20.8%	0.972	0.954	0.963
Puntual	--	0.150	15.0%	0.794	0.524	0.659

BORDE 2 :

34.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.500	--	50.0%	0.825	0.707	0.766
Triangular	0.790	--	39.5%	0.907	0.852	0.880
Puntual-triangular	0.580	0.090	38.0%	0.949	0.884	0.916
Puntual	--	0.295	29.5%	0.900	0.699	0.799

BORDE 3 :

40.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.515	--	51.5%	0.946	0.877	0.912
Triangular	0.765	--	38.3%	0.972	0.953	0.962
Puntual-triangular	0.765	0.000	38.3%	0.972	0.954	0.962
Puntual	--	0.280	28.0%	0.795	0.523	0.659

BORDE 4 :

34.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.500	--	50.0%	0.825	0.707	0.766
Triangular	0.790	--	39.5%	0.907	0.852	0.880
Puntual-triangular	0.580	0.090	38.0%	0.949	0.884	0.916
Puntual	--	0.295	29.5%	0.900	0.699	0.799

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-15R (c) :

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO II-15R : **- Losa RECTANGULAR : b/a = 2.00**

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1,2 y 4 simplemente apoyados y borde 3 empotrado

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

7.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.100	--	10.0%	0.941	0.865	0.903
Triangular	0.145	=	7.3%	0.975	0.959	0.967
Puntual-triangular	0.145	0.000	7.3%	0.975	0.959	0.967
Puntual	--	0.055	5.5%	0.803	0.531	0.667

BORDE 2 :

48.5%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.365	--	73.0%	0.808	0.685	0.747
Triangular	0.565	--	56.5%	0.892	0.834	0.863
Puntual-triangular	0.270	0.120	51.0%	0.970	0.878	0.924
Puntual	--	0.225	45.0%	0.923	0.738	0.831

BORDE 3 :

14.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.185	--	18.5%	0.941	0.866	0.904
Triangular	0.275	=	13.8%	0.976	0.963	0.970
Puntual-triangular	0.275	0.000	13.8%	0.976	0.963	0.970
Puntual	--	0.100	10.0%	0.800	0.533	0.667

BORDE 4 :

48.5%

Carga distnb. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.365	--	73.0%	0.808	0.685	0.747
Triangular	0.565	--	56.5%	0.892	0.834	0.863
Puntual-triangular	0.270	0.120	51.0%	0.970	0.878	0.924
Puntual	--	0.225	45.0%	0.923	0.738	0.831

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-15Rm (c):

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-15Rm : - Losa RECTANGULAR : $b/a = 0.40$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- Bordes 1,2 y 4 simplemente apoyados y borde 3 empotrado

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

28.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcargo	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.330	--	33.0%	0.984	0.947	0.965
Triangular	0.640	--	32.0%	0.825	0.732	0.779
Puntual-triangular	0.640	0.000	32.0%	0.825	0.732	0.779
Puntual	--	--	--	--	--	--

BORDE 2 :

14.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcargo	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.515	--	20.6%	0.828	0.706	0.767
Triangular	0.810	--	16.2%	0.903	0.852	0.878
Puntual-triangular	0.655	0.070	15.9%	0.937	0.875	0.906
Puntual	--	0.295	11.8%	0.894	0.691	0.793

BORDE 3 :

57.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcargo	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.675	--	67.5%	0.975	0.940	0.958
Triangular	1.400	--	70.0%	0.823	0.730	0.777
Puntual-triangular	1.400	0.000	70.0%	0.823	0.730	0.777
Puntual	--	--	--	--	--	--

BORDE 4 :

14.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcargo	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.515	--	20.6%	0.828	0.706	0.767
Triangular	0.810	--	16.2%	0.903	0.852	0.878
Puntual-triangular	0.655	0.070	15.9%	0.937	0.875	0.906
Puntual	--	0.295	11.8%	0.894	0.691	0.793

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcargo semejante al %Pcargo con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.II-16C (c):

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO II-16C : - Losa CUADRADA : $b/a = 1.00$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- 4 bordes simplemente apoyados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

25.5%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.330	--	33.0%	0.946	0.874	0.910
Triangular	0.490	=	24.5%	0.972	0.955	0.964
Puntual-triangular	0.490	0.000	24.5%	0.972	0.955	0.964
Puntual	--	0.180	18.0%	0.797	0.524	0.661

BORDE 2 :

43.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.630	--	63.0%	0.866	0.751	0.809
Triangular	0.920	--	46.0%	0.938	0.917	0.928
Puntual-triangular	0.710	0.090	44.5%	0.984	0.940	0.962
Puntual	--	0.365	36.5%	0.879	0.660	0.770

BORDE 3 :

25.5%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.330	--	33.0%	0.946	0.874	0.910
Triangular	0.490	=	24.5%	0.972	0.955	0.964
Puntual-triangular	0.490	0.000	24.5%	0.972	0.955	0.964
Puntual	--	0.180	18.0%	0.797	0.524	0.661

BORDE 4 :

43.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.630	--	63.0%	0.866	0.751	0.809
Triangular	0.920	--	46.0%	0.938	0.917	0.928
Puntual-triangular	0.710	0.090	44.5%	0.984	0.940	0.962
Puntual	--	0.365	36.5%	0.879	0.660	0.770

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

ABLA 3.I1-16R (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL
CASO I1-16R: - Losa RECTANGULAR - $b/a = 2.00$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- 4 bordes simplemente apoyados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

7.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.100	--	10.0%	0.938	0.868	0.903
Triangular	0.150	--	7.5%	0.977	0.964	0.970
Puntual-triangular	0.150	0.000	7.5%	0.977	0.964	0.970
Puntual	--	0.055	5.5%	0.801	0.532	0.667

BORDE 2 :

50.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.370	--	74.0%	0.814	0.704	0.759
Triangular	0.575	--	57.5%	0.897	0.854	0.876
Puntual-triangular	0.300	0.115	53.0%	0.977	0.892	0.935
Puntual	--	0.235	47.0%	0.914	0.727	0.821

BORDE 3 :

7.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.100	--	10.0%	0.938	0.868	0.903
Triangular	0.150	--	7.5%	0.977	0.964	0.970
Puntual-triangular	0.150	0.000	7.5%	0.977	0.964	0.970
Puntual	--	0.055	5.5%	0.801	0.532	0.667

BORDE 4 :

50.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.370	--	74.0%	0.814	0.704	0.759
Triangular	0.575	--	57.5%	0.897	0.854	0.876
Puntual-triangular	0.300	0.115	53.0%	0.977	0.892	0.935
Puntual	--	0.235	47.0%	0.914	0.727	0.821

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.I1-16Rm (c):

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO I1-16Rm : - Losa RECTANGULAR - $b/a = 0.40$

- Carga lineal central (q) de extremo a extremo (// al borde 1 y 3)
- 4 bordes simplemente apoyados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

40.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.490	=	49.0%	0.973	0.927	0.950
Triangular	0.720	--	36.0%	0.944	0.903	0.924
Puntual-triangular	0.720	0.000	36.0%	0.944	0.903	0.924
Puntual	--	0.255	25.5%	0.766	0.484	0.625

BORDE 2 :

20.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.710	--	28.4%	0.870	0.777	0.824
Triangular	1.085	--	21.7%	0.953	0.936	0.945
Puntual-triangular	0.870	0.090	21.0%	0.988	0.952	0.970
Puntual	--	0.425	17.0%	0.866	0.638	0.752

BORDE 3 :

40.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.490	=	49.0%	0.973	0.927	0.950
Triangular	0.720	--	36.0%	0.944	0.903	0.924
Puntual-triangular	0.720	0.000	36.0%	0.944	0.903	0.924
Puntual	--	0.255	25.5%	0.766	0.484	0.625

BORDE 4 :

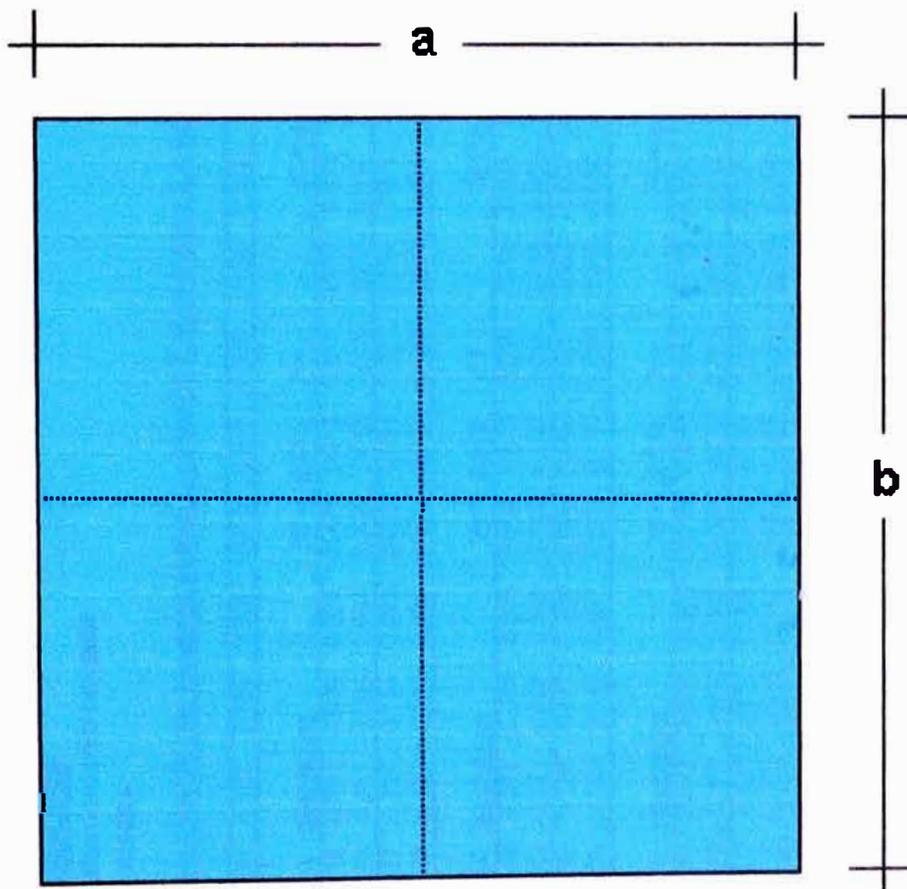
20.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P carga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.710	--	28.4%	0.870	0.777	0.824
Triangular	1.085	--	21.7%	0.953	0.936	0.945
Puntual-triangular	0.870	0.090	21.0%	0.988	0.952	0.970
Puntual	--	0.425	17.0%	0.866	0.638	0.752

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

3.3.5. Tablas con la mejor carga propuesta para cada borde, para el sistema de carga superficial S1.

Cabe mencionar que para todas las cargas distribuidas propuestas (uniforme, triangular, triangular – puntual, y puntual) se presentan los valores óptimos, obtenidos a partir del mayor valor de R (confiabilidad) que se alcanzo con la metodología de análisis empleado.



(b) CASO S - 1

Fig. 3.5. : Carga superficial uniforme sobre la losa

**TABLA 3.S1-01C (b):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES**

CASO S1-01C : - Lpsa CUAPRAPA : $b/a = 1.00$

- Carga superficial (q) uniformemente cargada
- Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE (De longitud unitaria) : RESULTADO PARA LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA

		DISTANCIA	0.000	0.063	0.125	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.563	0.625	0.688	0.750	0.813	0.875	0.938	1.000
BORDE 1 :		CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA : TRIANGULAR																	
		W = 0.519 P = -- % P carga= 26.0% SumRV: 25.0% R																	
Momentos	Real (SAP90)	-0.027	-0.019	-0.011	-0.004	0.003	0.009	0.013	0.015	0.016	0.015	0.013	0.009	0.003	-0.004	-0.011	-0.019	-0.027	0.987
	Propuesta	-0.027	-0.019	-0.011	-0.004	0.003	0.008	0.013	0.015	0.016	0.015	0.013	0.008	0.003	-0.004	-0.011	-0.019	-0.027	
Cortantes	Real (SAP90)	0.127	0.127	0.124	0.114	0.098	0.078	0.054	0.027	-0.000	-0.027	-0.054	-0.078	-0.098	-0.114	-0.124	-0.127	-0.127	0.976
	Propuesta	0.130	0.128	0.122	0.112	0.097	0.079	0.057	0.030	0.000	-0.030	-0.057	-0.079	-0.097	-0.112	-0.122	-0.128	-0.130	
		R prom. 0.982																	
BORDE 2 :		CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA : TRIANGULAR																	
		W = 0.519 P = -- % P carga= 26.0% SumRV: 25.0% R																	
Momentos	Real (SAP90)	-0.027	-0.019	-0.011	-0.004	0.003	0.009	0.013	0.015	0.016	0.015	0.013	0.009	0.003	-0.004	-0.011	-0.019	-0.027	0.987
	Propuesta	-0.027	-0.019	-0.011	-0.004	0.003	0.008	0.013	0.015	0.016	0.015	0.013	0.008	0.003	-0.004	-0.011	-0.019	-0.027	
Cortantes	Real (SAP90)	0.127	0.127	0.124	0.114	0.098	0.078	0.054	0.027	-0.000	-0.027	-0.054	-0.078	-0.098	-0.114	-0.124	-0.127	-0.127	0.976
	Propuesta	0.130	0.128	0.122	0.112	0.097	0.079	0.057	0.030	0.000	-0.030	-0.057	-0.079	-0.097	-0.112	-0.122	-0.128	-0.130	
		R prom. 0.982																	
BORDE 3 :		CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA : TRIANGULAR																	
		W = 0.519 P = -- % P carga= 26.0% SumRV: 25.0% R																	
Momentos	Real (SAP90)	-0.027	-0.019	-0.011	-0.004	0.003	0.009	0.013	0.015	0.016	0.015	0.013	0.009	0.003	-0.004	-0.011	-0.019	-0.027	0.987
	Propuesta	-0.027	-0.019	-0.011	-0.004	0.003	0.008	0.013	0.015	0.016	0.015	0.013	0.008	0.003	-0.004	-0.011	-0.019	-0.027	
Cortantes	Real (SAP90)	0.127	0.127	0.124	0.114	0.098	0.078	0.054	0.027	-0.000	-0.027	-0.054	-0.078	-0.098	-0.114	-0.124	-0.127	-0.127	0.976
	Propuesta	0.130	0.128	0.122	0.112	0.097	0.079	0.057	0.030	0.000	-0.030	-0.057	-0.079	-0.097	-0.112	-0.122	-0.128	-0.130	
		R prom. 0.982																	
BORDE 4 :		CARGA DISTRIBUIDA PROPUESTA : TRIANGULAR																	
		W = 0.519 P = -- % P carga= 26.0% SumRV: 25.0% R																	
Momentos	Real (SAP90)	-0.027	-0.019	-0.011	-0.004	0.003	0.009	0.013	0.015	0.016	0.015	0.013	0.009	0.003	-0.004	-0.011	-0.019	-0.027	0.987
	Propuesta	-0.027	-0.019	-0.011	-0.004	0.003	0.008	0.013	0.015	0.016	0.015	0.013	0.008	0.003	-0.004	-0.011	-0.019	-0.027	
Cortantes	Real (SAP90)	0.127	0.127	0.124	0.114	0.098	0.078	0.054	0.027	-0.000	-0.027	-0.054	-0.078	-0.098	-0.114	-0.124	-0.127	-0.127	0.976
	Propuesta	0.130	0.128	0.122	0.112	0.097	0.079	0.057	0.030	0.000	-0.030	-0.057	-0.079	-0.097	-0.112	-0.122	-0.128	-0.130	
		R prom. 0.982																	

TABLA 3.S1-01C (c):

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO S1-01C : Losa CUADRADA b/a = 1.00

- Carga superficial (q) uniformemente cargada
- Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

25.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.353	--	35.3%	0.924	0.831	0.878
Triangular	0.519	=	26.0%	0.987	0.976	0.982
Puntual-triangular	0.519	0.000	26.0%	0.987	0.976	0.982
Puntual	--	0.196	19.6%	0.816	0.550	0.686

BORDE 2 :

25.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.353	--	35.3%	0.924	0.831	0.878
Triangular	0.519	=	26.0%	0.987	0.976	0.982
Puntual-triangular	0.519	0.000	26.0%	0.987	0.976	0.982
Puntual	--	0.196	19.6%	0.816	0.550	0.686

BORDE 3 :

25.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.353	--	35.3%	0.924	0.831	0.878
Triangular	0.519	=	26.0%	0.987	0.976	0.982
Puntual-triangular	0.519	0.000	26.0%	0.987	0.976	0.982
Puntual	--	0.196	19.6%	0.816	0.550	0.686

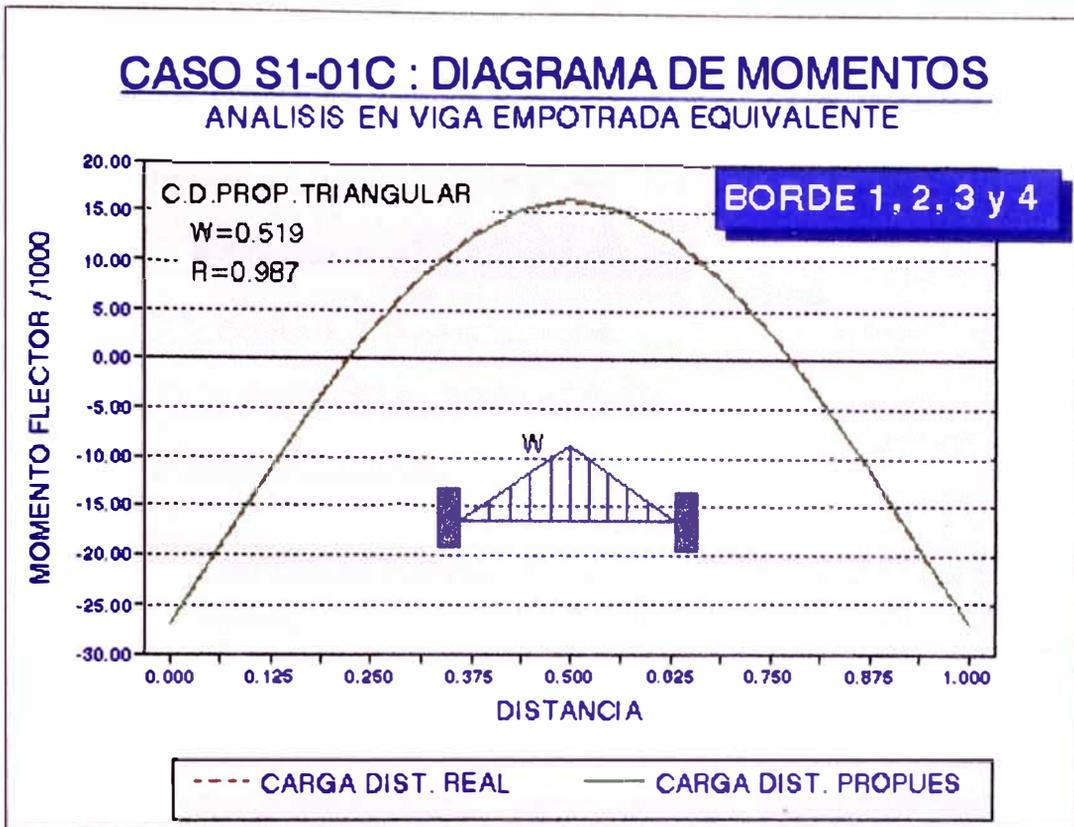
BORDE 4 :

25.3%

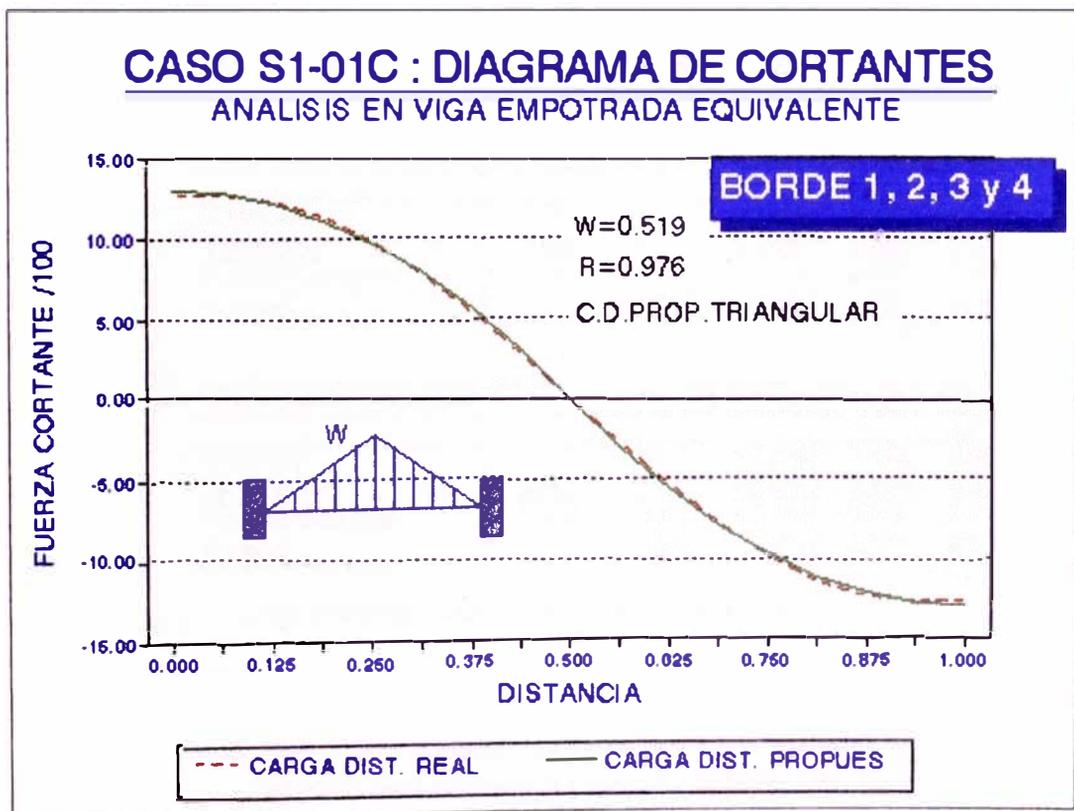
Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.353	--	35.3%	0.924	0.831	0.878
Triangular	0.519	=	26.0%	0.987	0.976	0.982
Puntual-triangular	0.519	0.000	26.0%	0.987	0.976	0.982
Puntual	--	0.196	19.6%	0.816	0.550	0.686

Nota :

- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
- * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
- * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)



(a) B. empotrada



(b) B. empotrada

Gráfico 3.3.S1-01C : Distribución de esfuerzos en viga empotrada equivalente, para una losa CUADRADA ($b/a=1.0$)

TABLA 3.S1-01R (c) :

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO S1-01R : - Losa RECTANGULAR : $b/a = 2.00$

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida

- Bordes 1, 2, 3 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

12.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.357	--	17.9%	0.918	0.819	0.869
Triangular	0.526	=	13.2%	0.987	0.976	0.982
Puntual-triangular	0.526	0.000	13.2%	0.987	0.976	0.982
Puntual	--	0.201	10.1%	0.824	0.565	0.695

BORDE 2 :

37.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.476	--	47.6%	0.958	0.901	0.930
Triangular	0.708	=	35.4%	0.956	0.927	0.942
Puntual-triangular	0.708	0.000	35.4%	0.956	0.927	0.942
Puntual	--	0.252	25.2%	0.777	0.500	0.639

BORDE 3 :

12.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.357	--	17.9%	0.918	0.819	0.869
Triangular	0.526	=	13.2%	0.987	0.976	0.982
Puntual-triangular	0.526	0.000	13.2%	0.987	0.976	0.982
Puntual	--	0.201	10.1%	0.824	0.565	0.695

BORDE 4 :

37.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.476	--	47.6%	0.958	0.901	0.930
Triangular	0.708	=	35.4%	0.956	0.927	0.942
Puntual-triangular	0.708	0.000	35.4%	0.956	0.927	0.942
Puntual	--	0.252	25.2%	0.777	0.500	0.639

Nota :

- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
- * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
- * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-04C (c):

**ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO S1-04C : **- Losa CUADRADA b/a = 1.00**

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Bordes 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

25.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.362	--	36.2%	0.921	0.825	0.873
Triangular	0.532	--	26.6%	0.987	0.976	0.982
Puntual-triangular	0.532	0.000	26.6%	0.987	0.976	0.982
Puntual	--	0.201	20.1%	0.819	0.560	0.690

BORDE 2 :

31.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.411	--	41.1%	0.960	0.843	0.885
Triangular	0.621	--	31.1%	0.974	0.954	0.964
Puntual-triangular	0.621	0.000	31.1%	0.974	0.954	0.964
Puntual	--	0.222	22.2%	0.735	0.483	0.609

BORDE 3 :

16.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.235	--	23.5%	0.904	0.792	0.848
Triangular	0.348	--	17.4%	0.977	0.958	0.968
Puntual-triangular	0.348	0.000	17.4%	0.977	0.958	0.968
Puntual	--	0.135	13.5%	0.838	0.584	0.711

BORDE 4 :

31.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.411	--	41.1%	0.960	0.843	0.885
Triangular	0.621	--	31.1%	0.974	0.954	0.964
Puntual-triangular	0.621	0.000	31.1%	0.974	0.954	0.964
Puntual	--	0.222	22.2%	0.735	0.483	0.609

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-04R (c) :

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO S1-04R : - Losa RECTANGULAR : $b/a = 2.00$

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Borde 3 simplemente apoyado y bordes 1, 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

12.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.357	--	17.9%	0.918	0.819	0.869
Triangular	0.525	=	13.1%	0.987	0.976	0.982
Puntual-triangular	0.525	0.000	13.1%	0.987	0.976	0.982
Puntual	--	0.201	10.1%	0.824	0.565	0.695

BORDE 2 :

40.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.492	=	49.2%	0.969	0.908	0.939
Triangular	0.735	--	36.8%	0.934	0.893	0.914
Puntual-triangular	0.735	0.000	36.8%	0.934	0.893	0.914
Puntual	--	0.257	25.7%	0.699	0.438	0.569

BORDE 3 :

7.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.233	--	11.7%	0.898	0.785	0.842
Triangular	0.349	=	8.7%	0.976	0.953	0.965
Puntual-triangular	0.349	0.000	8.7%	0.976	0.953	0.965
Puntual	--	0.135	6.8%	0.842	0.591	0.717

BORDE 4 :

40.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.492	=	49.2%	0.969	0.908	0.939
Triangular	0.735	--	36.8%	0.934	0.893	0.914
Puntual-triangular	0.735	0.000	36.8%	0.934	0.893	0.914
Puntual	--	0.257	25.7%	0.699	0.438	0.569

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-05R (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO S1-05R: - Ld_{sa} REC | ANGULAR : b/a = 2.00

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Borde 4 simplemente apoyados y bordes 1, 2 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS:

BORDE 1:

17.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P _{carga}	R _{mom}	R _{cort}	R _{prom}
Uniforme	0.464	--	23.2%	0.906	0.819	0.863
Triangular	0.687	=	17.2%	0.979	0.952	0.966
Puntual-triangular	0.687	0.000	17.2%	0.979	0.952	0.966
Puntual	--	0.252	12.6%	0.751	0.500	0.626

BORDE 2:

42.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P _{carga}	R _{mom}	R _{cort}	R _{prom}
Uniforme	0.557	--	55.7%	0.948	0.880	0.914
Triangular	0.831	=	41.6%	0.967	0.948	0.958
Puntual-triangular	0.831	0.000	41.6%	0.967	0.948	0.958
Puntual	--	0.300	30.0%	0.789	0.517	0.653

BORDE 3:

17.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P _{carga}	R _{mom}	R _{cort}	R _{prom}
Uniforme	0.464	--	23.2%	0.906	0.819	0.863
Triangular	0.687	=	17.2%	0.979	0.952	0.966
Puntual-triangular	0.687	0.000	17.2%	0.979	0.952	0.966
Puntual	--	0.252	12.6%	0.751	0.500	0.626

BORDE 4:

26.3%

Carga distrib. propuesta	W	P	% P _{carga}	R _{mom}	R _{cort}	R _{prom}
Uniforme	0.354	--	35.4%	0.947	0.868	0.908
Triangular	0.524	=	26.2%	0.971	0.955	0.963
Puntual-triangular	0.524	0.000	26.2%	0.971	0.955	0.963
Puntual	--	0.189	18.9%	0.792	0.520	0.656

- Nota:**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor R_{prom} (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %P_{carga} semejante al %P_{carga} con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-09C (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO S1-09C : - Losa CUADRADA $b/a = 1.00$

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida

- Bordes 1 y 4 simplemente apoyado y bordes 2 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

22.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.295	--	29.5%	0.907	0.831	0.869
Triangular	0.420	--	21.0%	0.951	0.914	0.933
Puntual-triangular	0.420	0.000	21.0%	0.951	0.914	0.933
Puntual	--	0.161	16.1%	0.804	0.532	0.668

BORDE 2 :

33.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.436	--	43.6%	0.918	0.849	0.884
Triangular	0.634	--	31.7%	0.966	0.933	0.950
Puntual-triangular	0.634	0.000	31.7%	0.966	0.933	0.950
Puntual	--	0.241	24.1%	0.796	0.522	0.659

BORDE 3 :

33.7%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.436	--	43.6%	0.918	0.849	0.884
Triangular	0.634	--	31.7%	0.966	0.933	0.950
Puntual-triangular	0.634	0.000	31.7%	0.966	0.933	0.950
Puntual	--	0.241	24.1%	0.796	0.522	0.659

BORDE 4 :

22.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.295	--	29.5%	0.907	0.831	0.869
Triangular	0.420	--	21.0%	0.951	0.914	0.933
Puntual-triangular	0.420	0.000	21.0%	0.951	0.914	0.933
Puntual	--	0.161	16.1%	0.804	0.532	0.668

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-09R (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE**A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**CASO S1-09R : **- Losa RECTANGULAR : $b/a = 2.00$**

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida

- Bordes 1 y 4 simplemente apoyados y bordes 2 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE**RESUMEN DE RESULTADOS :****BORDE 1 :****11.8%**

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.321	--	16.1%	0.887	0.792	0.840
Triangular	0.469	=	11.7%	0.964	0.930	0.947
Puntual-triangular	0.469	0.000	11.7%	0.964	0.930	0.947
Puntual	--	0.172	8.6%	0.766	0.515	0.641

BORDE 2 :**47.7%**

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.582	=	58.2%	0.957	0.900	0.929
Triangular	0.862	--	43.1%	0.953	0.914	0.934
Puntual-triangular	0.862	0.000	43.1%	0.953	0.914	0.934
Puntual	--	0.317	31.7%	0.768	0.483	0.626

BORDE 3 :**17.6%**

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.466	--	23.3%	0.907	0.818	0.863
Triangular	0.688	=	17.2%	0.979	0.952	0.966
Puntual-triangular	0.688	0.000	17.2%	0.979	0.952	0.966
Puntual	--	0.252	12.6%	0.751	0.500	0.626

BORDE 4 :**29.9%**

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.367	--	36.7%	0.956	0.889	0.923
Triangular	0.550	=	27.5%	0.945	0.911	0.928
Puntual-triangular	0.550	0.000	27.5%	0.945	0.911	0.928
Puntual	--	0.195	19.5%	0.708	0.449	0.579

Nota :

- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
- * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
- * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

**TABLA 3.S1-10C (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO S1-10C : - Losa CUADRADA : $b/a = 1.00$

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Bordes 1 y 3 simplemente apoyado y bordes 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

16.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.236	--	23.6%	0.899	0.788	0.844
Triangular	0.352	=	17.6%	0.977	0.955	0.966
Puntual-triangular	0.352	0.000	17.6%	0.977	0.955	0.966
Puntual	--	0.137	13.7%	0.841	0.589	0.715

BORDE 2 :

39.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.469	=	46.9%	0.964	0.919	0.942
Triangular	0.699	--	35.0%	0.951	0.914	0.933
Puntual-triangular	0.699	0.000	35.0%	0.951	0.914	0.933
Puntual	--	0.246	24.6%	0.772	0.493	0.633

BORDE 3 :

16.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.236	--	23.6%	0.899	0.788	0.844
Triangular	0.352	=	17.6%	0.977	0.955	0.966
Puntual-triangular	0.352	0.000	17.6%	0.977	0.955	0.966
Puntual	--	0.137	13.7%	0.841	0.589	0.715

BORDE 4 :

39.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.469	=	46.9%	0.964	0.919	0.942
Triangular	0.699	--	35.0%	0.951	0.914	0.933
Puntual-triangular	0.699	0.000	35.0%	0.951	0.914	0.933
Puntual	--	0.246	24.6%	0.772	0.493	0.633

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

**TABLA 3.S1-10R (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO S1-10R: l psd RFC [ANGU] AR $b/a = 2.00$

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Bordes 1 y 3 simplemente apoyados y bordes 2 y 4 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

7.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.233	--	11.7%	0.898	0.785	0.842
Triangular	0.348	=	8.7%	0.976	0.953	0.965
Puntual-triangular	0.348	0.000	8.7%	0.976	0.953	0.965
Puntual	--	0.135	6.8%	0.842	0.591	0.717

BORDE 2 :

44.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.503	=	50.3%	0.984	0.856	0.970
Triangular	0.986	--	49.3%	0.825	0.734	0.780
Puntual-triangular	0.986	0.000	49.3%	0.825	0.734	0.780
Puntual	--	--	--	--	--	--

BORDE 3 :

7.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.233	--	11.7%	0.898	0.785	0.842
Triangular	0.348	=	8.7%	0.976	0.953	0.965
Puntual-triangular	0.348	0.000	8.7%	0.976	0.953	0.965
Puntual	--	0.135	6.8%	0.842	0.591	0.717

BORDE 4 :

44.1%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.503	=	50.3%	0.984	0.856	0.970
Triangular	0.986	--	49.3%	0.825	0.734	0.780
Puntual-triangular	0.986	0.000	49.3%	0.825	0.734	0.780
Puntual	--	--	--	--	--	--

- Nota :**
- La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-11R (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO S1-11R: Losa RECTANGULAR $b/a = 2.00$

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Bordes 2 y 4 simplemente apoyados y bordes 1 y 3 empotrados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

25.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.624	--	31.2%	0.952	0.908	0.930
Triangular	0.941	=	23.5%	0.959	0.927	0.943
Puntual-triangular	0.941	0.000	23.5%	0.959	0.927	0.943
Puntual	--	0.335	16.8%	0.780	0.504	0.642

BORDE 2 :

29.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.412	--	41.2%	0.930	0.843	0.887
Triangular	0.609	=	30.5%	0.983	0.970	0.977
Puntual-triangular	0.609	0.000	30.5%	0.983	0.970	0.977
Puntual	--	0.228	22.8%	0.808	0.542	0.675

BORDE 3 :

25.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.624	--	31.2%	0.952	0.908	0.930
Triangular	0.941	=	23.5%	0.959	0.927	0.943
Puntual-triangular	0.941	0.000	23.5%	0.959	0.927	0.943
Puntual	--	0.335	16.8%	0.780	0.504	0.642

BORDE 4 :

29.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.412	--	41.2%	0.930	0.843	0.887
Triangular	0.609	=	30.5%	0.983	0.970	0.977
Puntual-triangular	0.609	0.000	30.5%	0.983	0.970	0.977
Puntual	--	0.228	22.8%	0.808	0.542	0.675

Nota :

- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
- * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
- * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-14C (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO S1-14C : - Losa CUADRADA : b/a = 1.00

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Bordes 1,3 y 4 simplemente apoyado y borde 2 empotrado

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

23.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.307	--	30.7%	0.897	0.806	0.852
Triangular	0.453	--	22.7%	0.972	0.941	0.957
Puntual-triangular	0.453	0.000	22.7%	0.972	0.941	0.957
Puntual	--	0.164	16.4%	0.754	0.507	0.631

BORDE 2 :

43.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.525	--	52.5%	0.964	0.913	0.939
Triangular	0.773	--	38.7%	0.954	0.917	0.936
Puntual-triangular	0.773	0.000	38.7%	0.954	0.917	0.936
Puntual	--	0.274	27.4%	0.774	0.497	0.636

BORDE 3 :

23.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.307	--	30.7%	0.897	0.806	0.852
Triangular	0.453	--	22.7%	0.972	0.941	0.957
Puntual-triangular	0.453	0.000	22.7%	0.972	0.941	0.957
Puntual	--	0.164	16.4%	0.754	0.507	0.631

BORDE 4 :

29.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.349	--	34.9%	0.961	0.918	0.940
Triangular	0.521	--	26.1%	0.952	0.915	0.934
Puntual-triangular	0.521	0.000	26.1%	0.952	0.915	0.934
Puntual	--	0.185	18.5%	0.774	0.496	0.635

Nota :

- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
- * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
- * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

**TABLA 3.S1-14R (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL**

CASO S1-14R : - Losa RECTANGULAR : $b/a = 2.00$

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Bordes 1,3 y 4 simplemente apoyados y borde 2 empotrado

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

11.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.321	--	16.1%	0.887	0.792	0.840
Triangular	0.467	=	11.7%	0.962	0.929	0.946
Puntual-triangular	0.467	0.000	11.7%	0.962	0.929	0.946
Puntual	--	0.172	8.6%	0.766	0.515	0.641

BORDE 2 :

52.5%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.610	=	61.0%	0.978	0.943	0.961
Triangular	0.898	--	44.9%	0.938	0.889	0.914
Puntual-triangular	0.898	0.000	44.9%	0.938	0.889	0.914
Puntual	--	0.312	31.2%	0.758	0.475	0.617

BORDE 3 :

11.8%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.321	--	16.1%	0.887	0.792	0.840
Triangular	0.467	=	11.7%	0.962	0.929	0.946
Puntual-triangular	0.467	0.000	11.7%	0.962	0.929	0.946
Puntual	--	0.172	8.6%	0.766	0.515	0.641

BORDE 4 :

33.4%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.382	=	38.2%	0.980	0.951	0.966
Triangular	--	--	0.0%	--	--	--
Puntual-triangular	--	--	0.0%	--	--	--
Puntual	--	--	--	--	--	--

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-15R (c):

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO S1-15R : Losa RECTANGULAR $b/a = 2.00$

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- Bordes 1,2 y 4 simplemente apoyados y borde 3 empotrado

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

18.5%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.451	--	22.6%	0.959	0.907	0.933
Triangular	0.670	=	16.8%	0.958	0.925	0.942
Puntual-triangular	0.670	0.000	16.8%	0.958	0.925	0.942
Puntual	--	0.641	32.1%	0.779	0.503	0.641

BORDE 2 :

35.4%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.447	--	44.7%	0.942	0.877	0.910
Triangular	0.659	=	33.0%	0.964	0.933	0.949
Puntual-triangular	0.659	0.000	33.0%	0.964	0.933	0.949
Puntual	--	0.245	24.5%	0.780	0.499	0.640

BORDE 3 :

26.2%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.640	--	32.0%	0.957	0.905	0.931
Triangular	0.949	=	23.7%	0.959	0.926	0.943
Puntual-triangular	0.949	0.000	23.7%	0.959	0.926	0.943
Puntual	--	0.341	17.1%	0.780	0.505	0.643

BORDE 4 :

35.4%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.447	--	44.7%	0.942	0.877	0.910
Triangular	0.659	=	33.0%	0.964	0.933	0.949
Puntual-triangular	0.659	0.000	33.0%	0.964	0.933	0.949
Puntual	--	0.245	24.5%	0.780	0.499	0.640

- Nota :**
- La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-16C (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO S1-16C : - Losa CUADRADA : $b/a = 1.00$

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- 4 bordes simplemente apoyados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

32.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.387	=	38.7%	0.961	0.912	0.937
Triangular	0.576	--	28.8%	0.955	0.921	0.938
Puntual-triangular	0.576	0.000	28.8%	0.955	0.921	0.938
Puntual	--	0.205	20.5%	0.776	0.499	0.638

BORDE 2 :

32.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.387	=	38.7%	0.961	0.912	0.937
Triangular	0.576	--	28.8%	0.955	0.921	0.938
Puntual-triangular	0.576	0.000	28.8%	0.955	0.921	0.938
Puntual	--	0.205	20.5%	0.776	0.499	0.638

BORDE 3 :

32.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.387	=	38.7%	0.961	0.912	0.937
Triangular	0.576	--	28.8%	0.955	0.921	0.938
Puntual-triangular	0.576	0.000	28.8%	0.955	0.921	0.938
Puntual	--	0.205	20.5%	0.776	0.499	0.638

BORDE 4 :

32.0%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.387	=	38.7%	0.961	0.912	0.937
Triangular	0.576	--	28.8%	0.955	0.921	0.938
Puntual-triangular	0.576	0.000	28.8%	0.955	0.921	0.938
Puntual	--	0.205	20.5%	0.776	0.499	0.638

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

TABLA 3.S1-16R (c):
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA MEJOR CARGA DISTRIBUIDA EQUIVALENTE
A LA DISTRIBUCIÓN DE REACCIONES SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONAL

CASO S1-16R : **- Losa RECTANGULAR : $b/a = 2.00$**

- Carga superficial (q) uniformemente distribuida
- 4 bordes simplemente apoyados

ANÁLISIS EN VIGA EMPOTRADA EQUIVALENTE

RESUMEN DE RESULTADOS :

BORDE 1 :

18.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.455	--	22.8%	0.959	0.906	0.933
Triangular	0.674	--	16.9%	0.958	0.925	0.942
Puntual-triangular	0.674	0.000	16.9%	0.958	0.925	0.942
Puntual	--	0.242	12.1%	0.780	0.503	0.642

BORDE 2 :

40.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.477	--	47.7%	0.972	0.937	0.955
Triangular	0.711	--	35.6%	0.942	0.897	0.920
Puntual-triangular	0.711	0.000	35.6%	0.942	0.897	0.920
Puntual	--	0.248	24.8%	0.763	0.481	0.622

BORDE 3 :

18.6%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.455	--	22.8%	0.959	0.906	0.933
Triangular	0.674	--	16.9%	0.958	0.925	0.942
Puntual-triangular	0.674	0.000	16.9%	0.958	0.925	0.942
Puntual	--	0.242	12.1%	0.780	0.503	0.642

BORDE 4 :

40.9%

Carga distrib. propuesta	W	P	% Pcarga	Rmom	Rcort	Rprom
Uniforme	0.477	--	47.7%	0.972	0.937	0.955
Triangular	0.711	--	35.6%	0.942	0.897	0.920
Puntual-triangular	0.711	0.000	35.6%	0.942	0.897	0.920
Puntual	--	0.248	24.8%	0.763	0.481	0.622

- Nota :**
- * La carga distribuida propuesta resaltada y subrayada es la mejor
 - * Para la selección de la mejor carga distribuida propuesta para cada borde, se establece el criterio :
 - mayor Rprom (grado de confiabilidad entre curvas)
 - %Pcarga semejante al %Pcarga con distribución de reacciones
 - * El número debajo de cada título en cada borde, es el % de la carga total de las fuerzas en compresión en ese borde (el exceso a la unidad de la sumatoria, corresponde a las fuerzas de tracción producidas)

CAPITULO 4

**Propuesta de sistema de distribución de cargas
sobre apoyos de losas bidireccionales bajo cargas
distribuidas típicas
(Presentación de resultados)**

CAPITULO

4

PROPUESTA DE SISTEMA DE DISTRIBUCION DE CARGAS SOBRE APOYOS DE LOSAS BIDIRECCIONALES BAJO CARGAS DISTRIBUIDAS TIPICAS (PRESENTACION DE RESULTADOS)

4.1 Generalidades

En la presente investigación se han analizado únicamente 2 condiciones de carga sobre la losa rectangular :

- Una carga uniforme superficial (por ejemplo : carga por peso propio + acabado, carga equivalente por tabiquería y carga viva), y
- Una carga lineal (por ejemplo : tabiquería) que va desde el punto medio de un borde al punto medio del borde opuesto.

Las condiciones de carga mencionados son muy comunes en edificaciones, aunque en el caso de carga lineal, el análisis para una única distribución (o ubicación) pareciera insuficiente.

Para su aplicación no se pretende que las cargas coincidan exactamente con las condiciones de carga analizados, sino que tengan una distribución similar a cualquiera

de los casos analizados; pero si la correspondencia de las condiciones de borde en los 4 apoyos.

En las tablas para la selección de la mejor carga distribuida propuesta (Item 3.3.4. y 3.3.5. del Capítulo 3) en cada borde, resultan en algunos casos, dos tipos de carga propuestos convenientes con valores de R (indicador de confiabilidad) muy cercanos, optándose por aquel que proporciona el mayor valor, aunque la diferencia sea por un milésimo. Esta selección es la que se presenta a continuación en forma gráfica.

Se presenta resultados de análisis de losas considerando apoyos rígidos al desplazamiento vertical (muros), esto no limita su aplicación en losas con apoyos elásticos, pues como se observa en los análisis realizados en los Items 2.3.4., 2.3.5., 2.3.6. y 2.3.7., de manera general proporciona resultados conservadores.

4.2. Presentación gráfica de cargas distribuidas reales normalizadas y cargas distribuidas propuestas en todos los bordes, para los casos analizados (condiciones de apoyos rígidos).

Los gráficos presentados son normalizados (adimensionales), pues se presentan coeficientes de cargas distribuidas de reacciones verticales en los apoyos (Ver Item 2.2.), que son independientes de la carga impuesta y las dimensiones de la losa.

Aprovechando las condiciones de simetría de la carga, algunos resultados son equivalentes (para ciertas condiciones de borde) solamente al rotar los bordes alrededor del eje central perpendicular al plano de la losa (rotación en contra de las manecillas del reloj); es por ello que es innecesario presentarlos :

- Las condiciones de borde 02 y 03, es equivalente a rotar 180° las condiciones de borde 04 y 05 respectivamente.
- Las condiciones de borde 06, 07 y 08, rotadas 270°, 180° y 90° respectivamente, es equivalente a la condición de borde 09.

- Las condiciones de borde 12 y 13, es equivalente a rotar 180° las condiciones de borde 14 y 15 respectivamente.

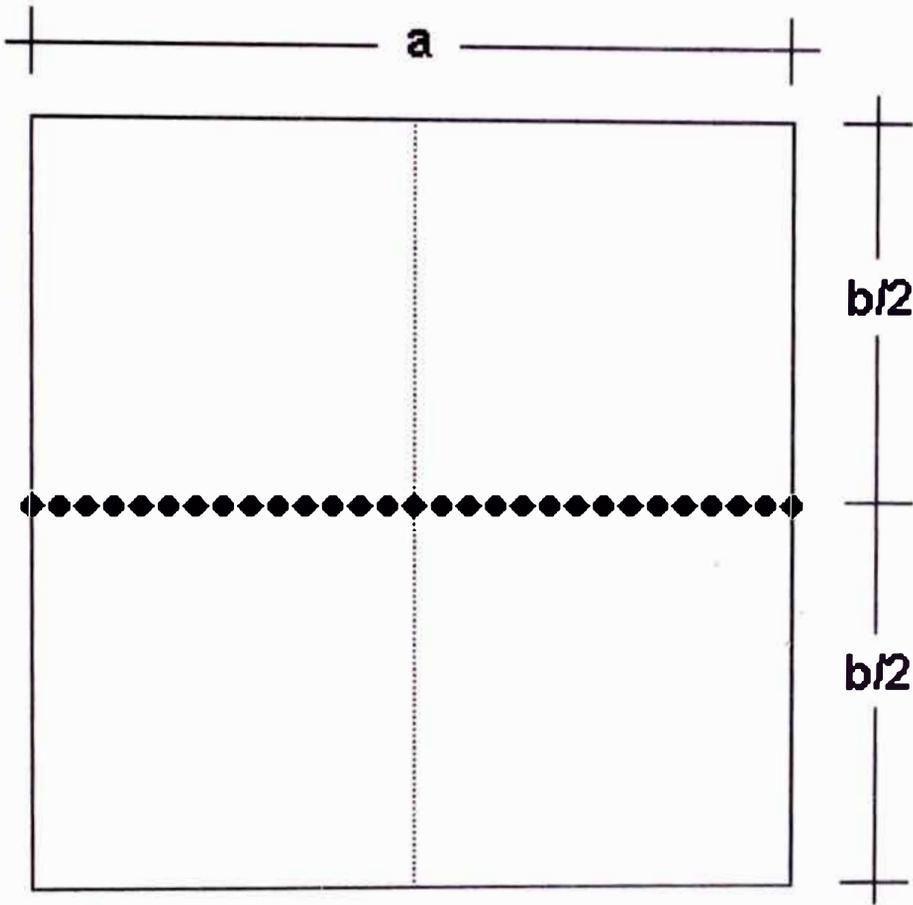
4.2.1. Gráficos para el sistema de carga lineal II

En los capítulos anteriores desarrollados en la presente investigación, se hace referencia a las dimensiones de la losa, como lado mayor (b) y a un lado menor (a), en cuyo caso la relación b/a siempre debe ser mayor a la unidad.

Esta referencia de los lados de la losa se cumple para todas las condiciones de carga, excepto para la carga lineal II cuando se analiza una losa rectangular con una relación $b/a = 0.40$, en cuyo caso el lado mayor es (a) y el lado menor es (b). Esto se realizó con el objetivo de no modificar los parámetros establecidos en la investigación y definir una nueva condición de carga lineal con las mismas características de II, pero con una orientación que difiere en 90° .

POR COMODIDAD EN LA LECTURA DE LOS RESULTADOS Y POR PRESENTACION, LOS GRAFICOS SE AGRUPAN POR FORMA (CUADRADA O RECTANGULAR) DE LA LOSA.

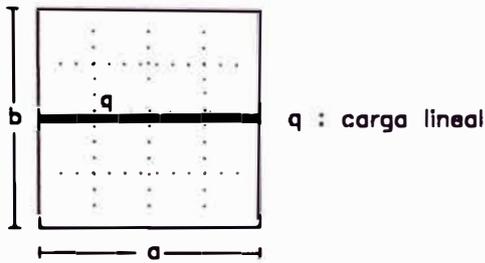
Lineal



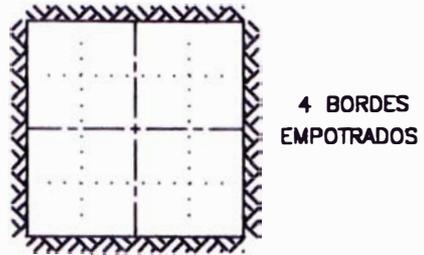
(a) CASO I - 1

Fig. 4.1. : Carga lineal en forma de I.

CONDICION DE CARGA



CONDICIONES DE BORDE



LOSA CUADRADA (b/a = 1.0)

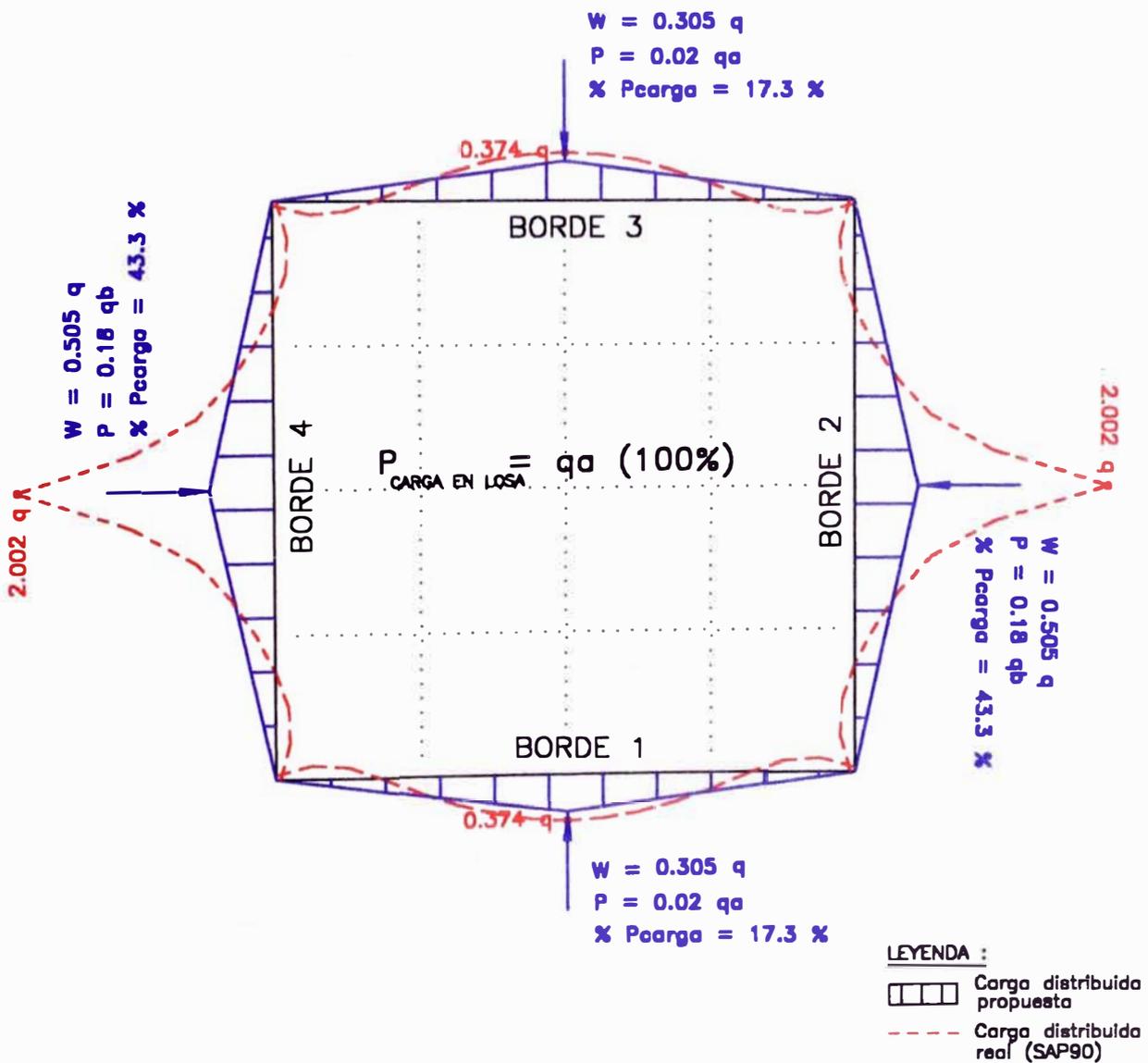
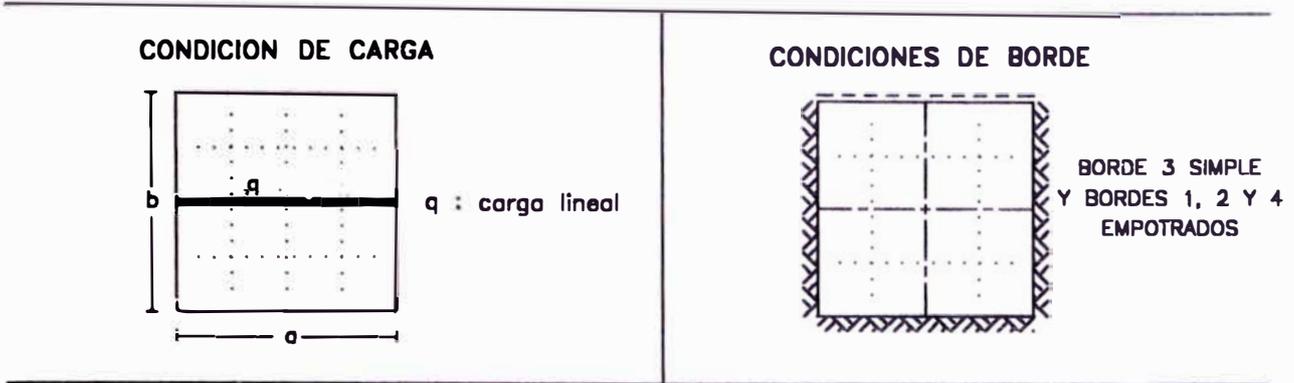


Gráfico 4.1. : CASO II-01C – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

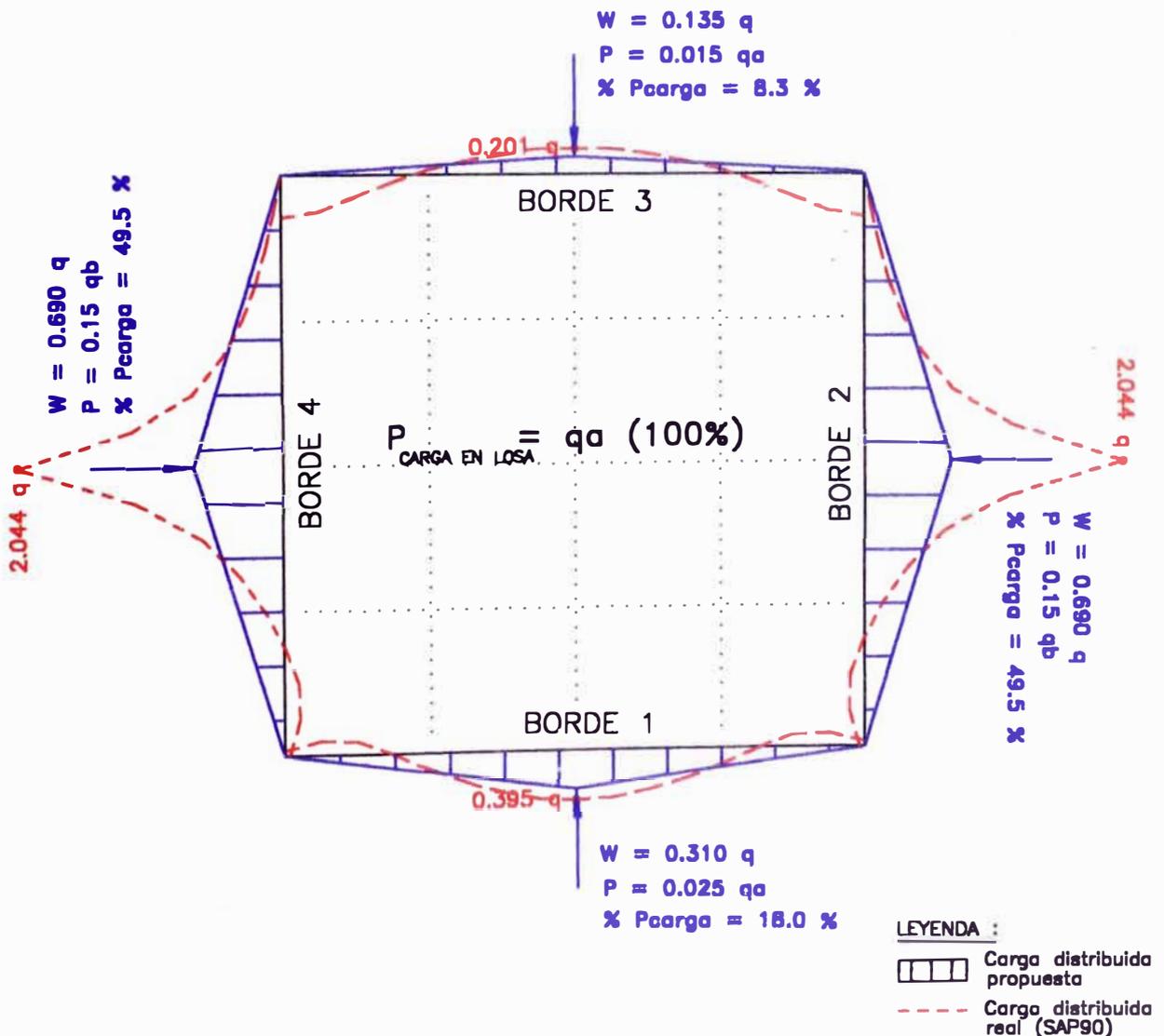
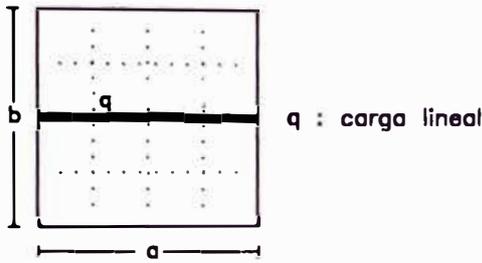
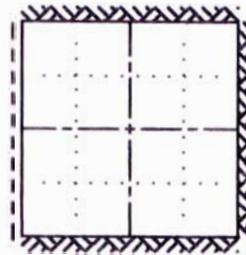


Gráfico 4.2. : CASO II-04C – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud

CONDICION DE CARGA



CONDICIONES DE BORDE



BORDE 4 SIMPLE APOYADO, Y 1, 2 Y 3 EMPOTRADOS

LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

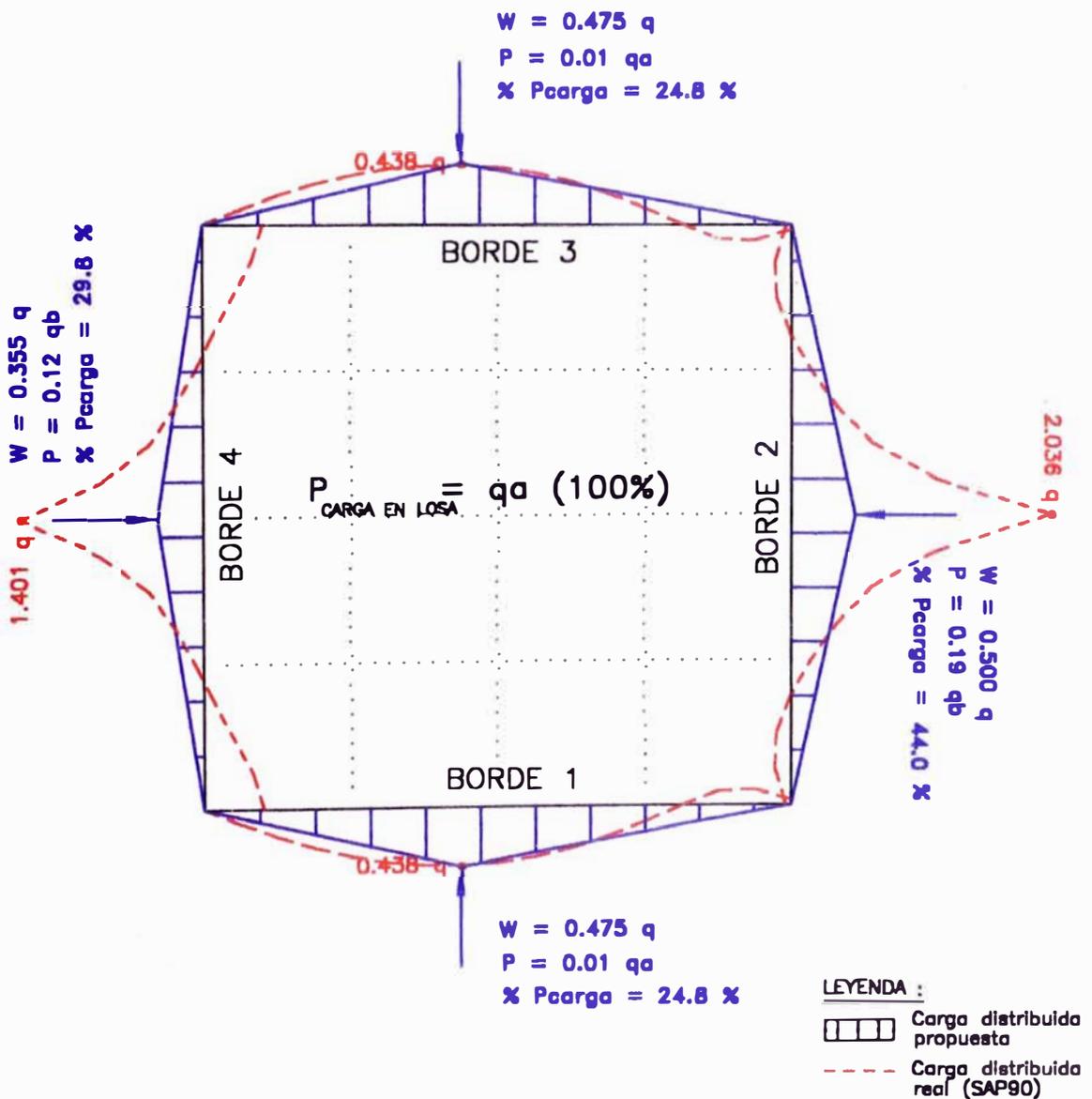
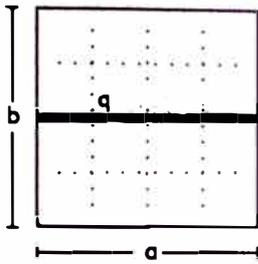


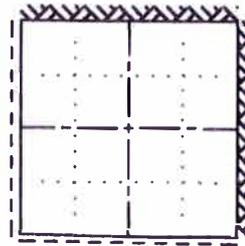
Gráfico 4.3. : CASO II-05C – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud

CONDICION DE CARGA



q : carga lineal

CONDICIONES DE BORDE



BORDES 1 Y 4 SIMPLE
APOYADOS Y 2 Y 3
EMPOTRADOS

LOSA CUADRADA (b/a = 1.0)

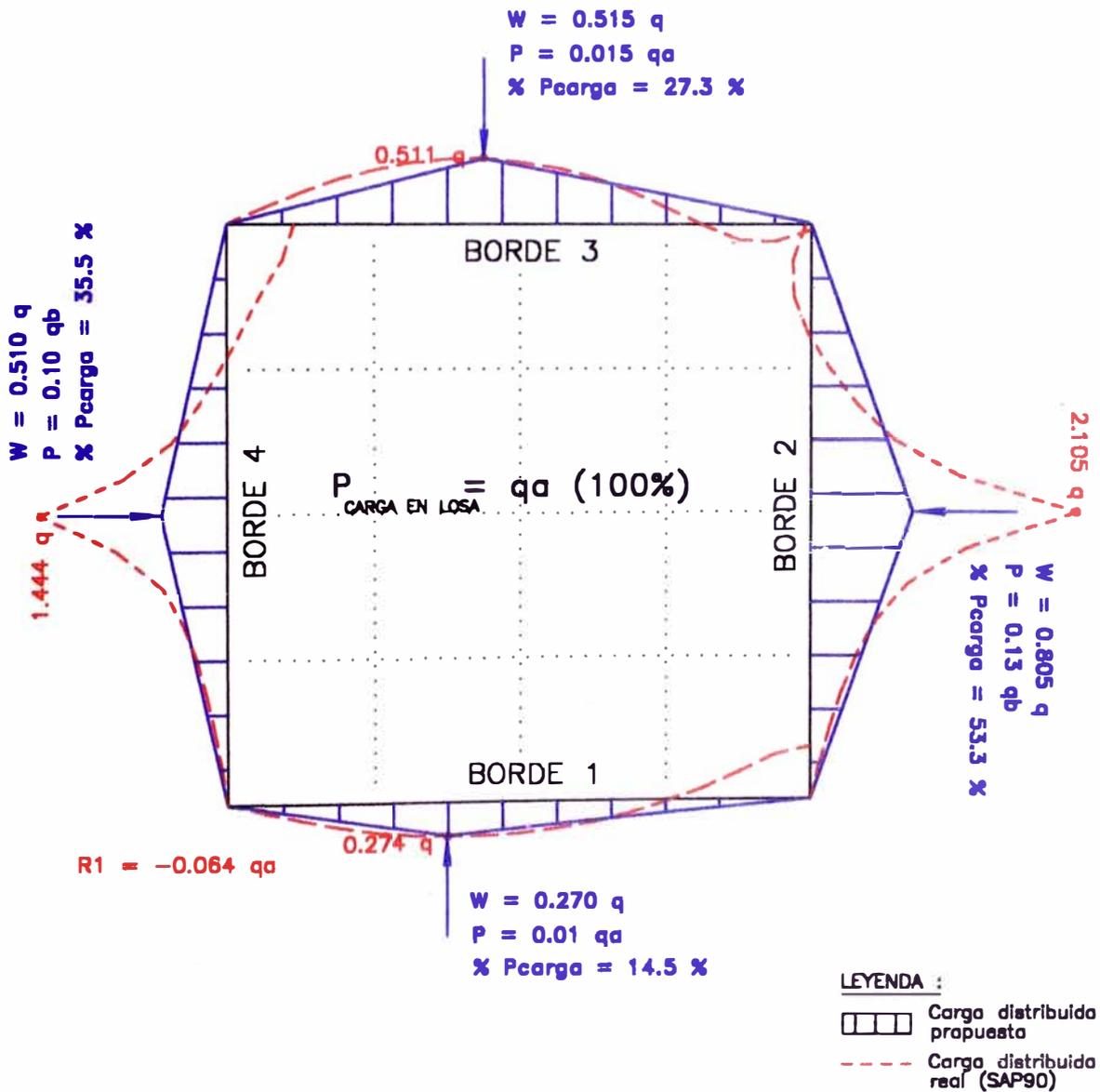
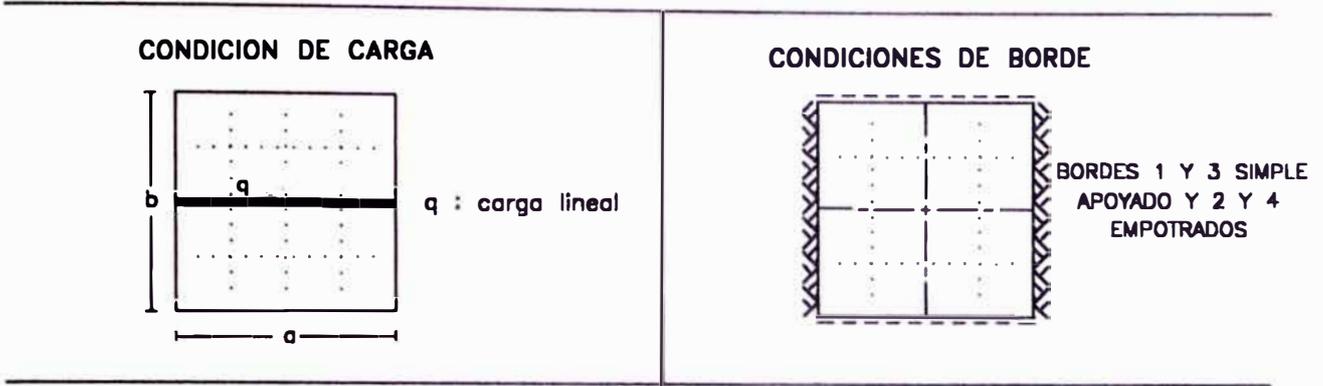


Gráfico 4.4. : CASO II-09C – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

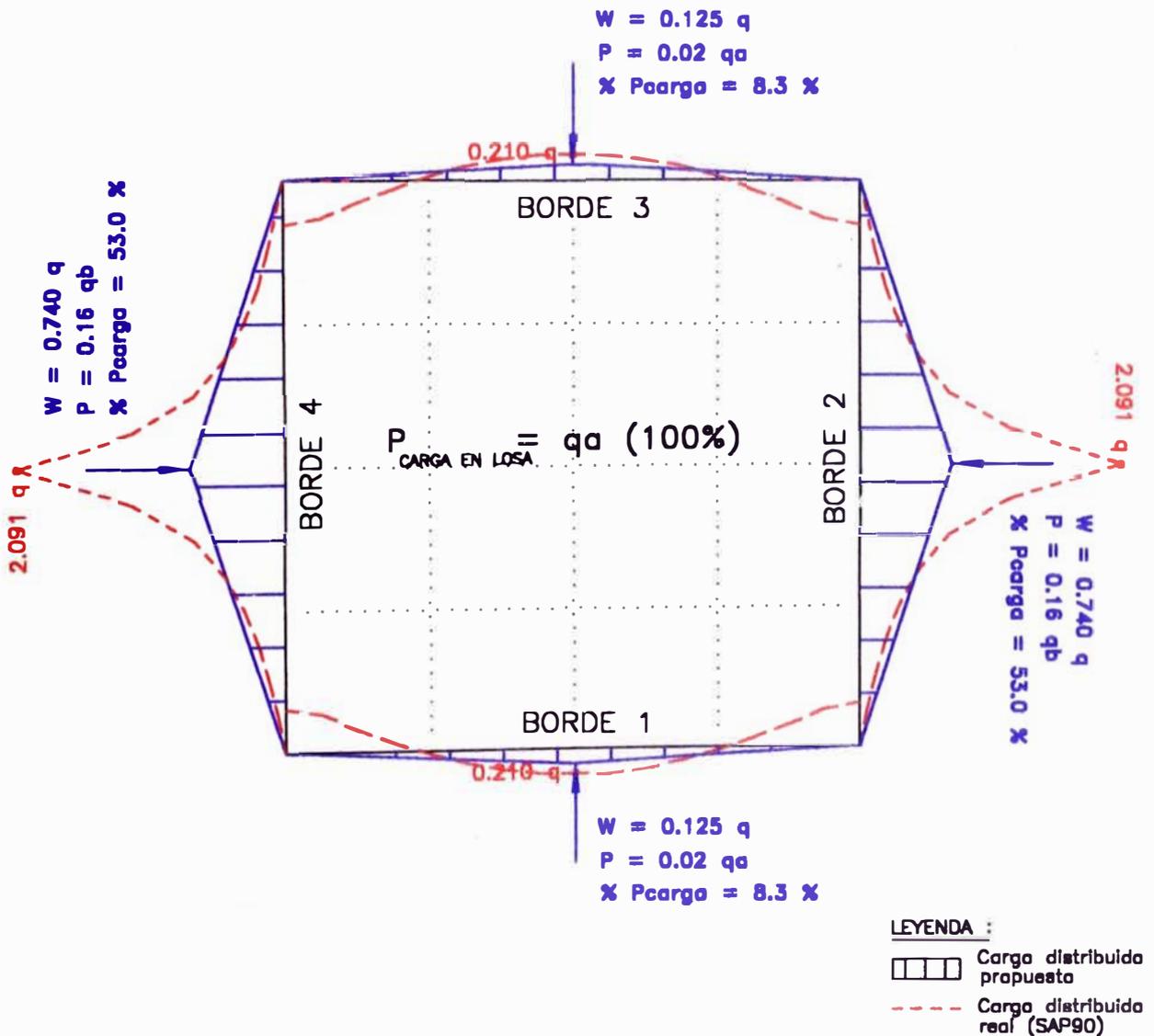
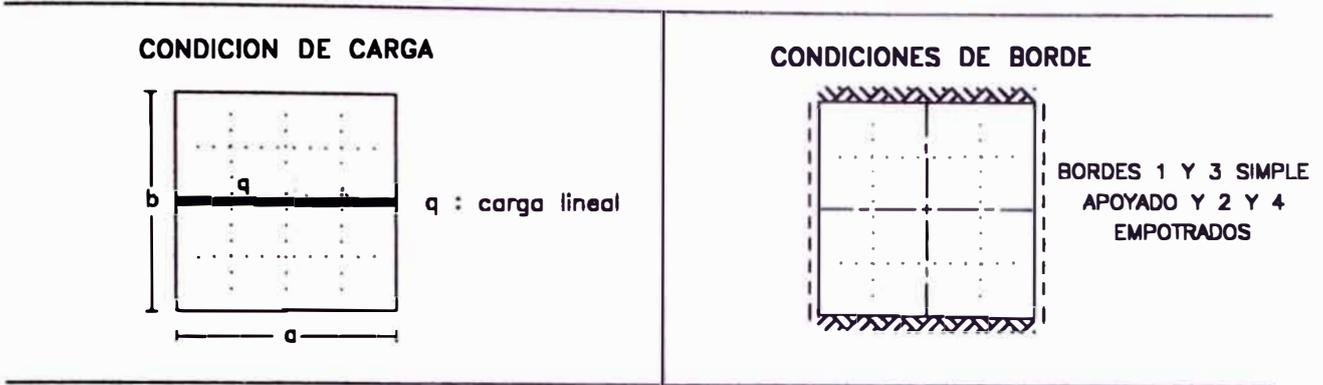


Gráfico 4.5. : CASO 11-10C – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

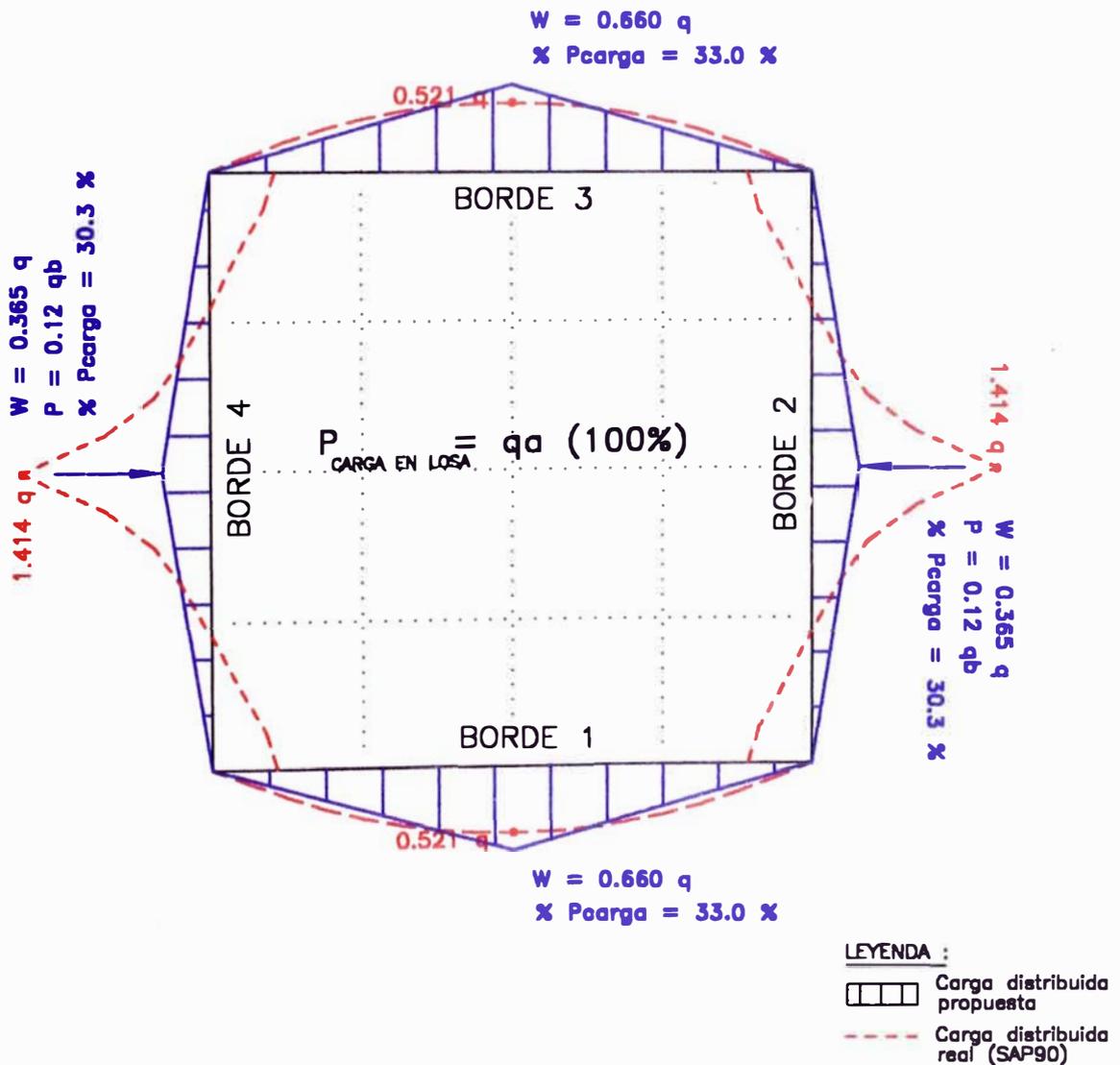
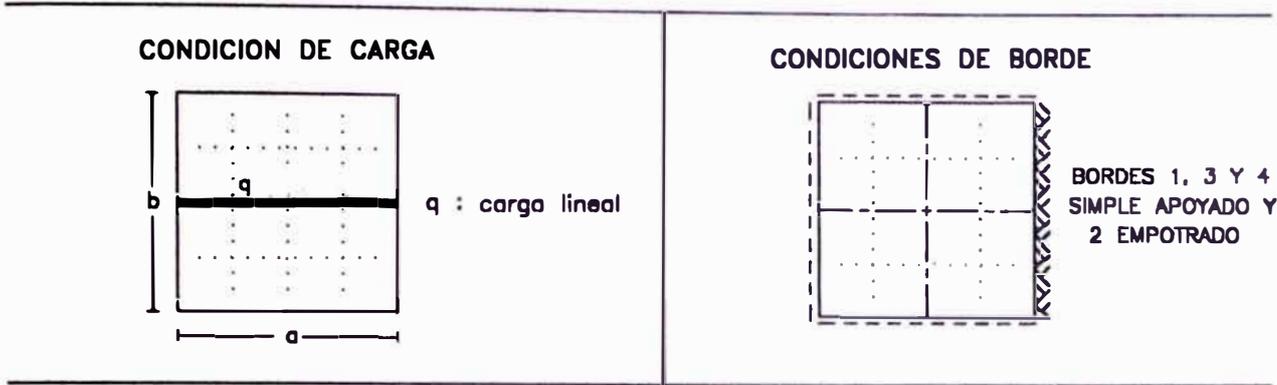


Gráfico 4.6. : CASO II-11C – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA (b/a = 1.0)

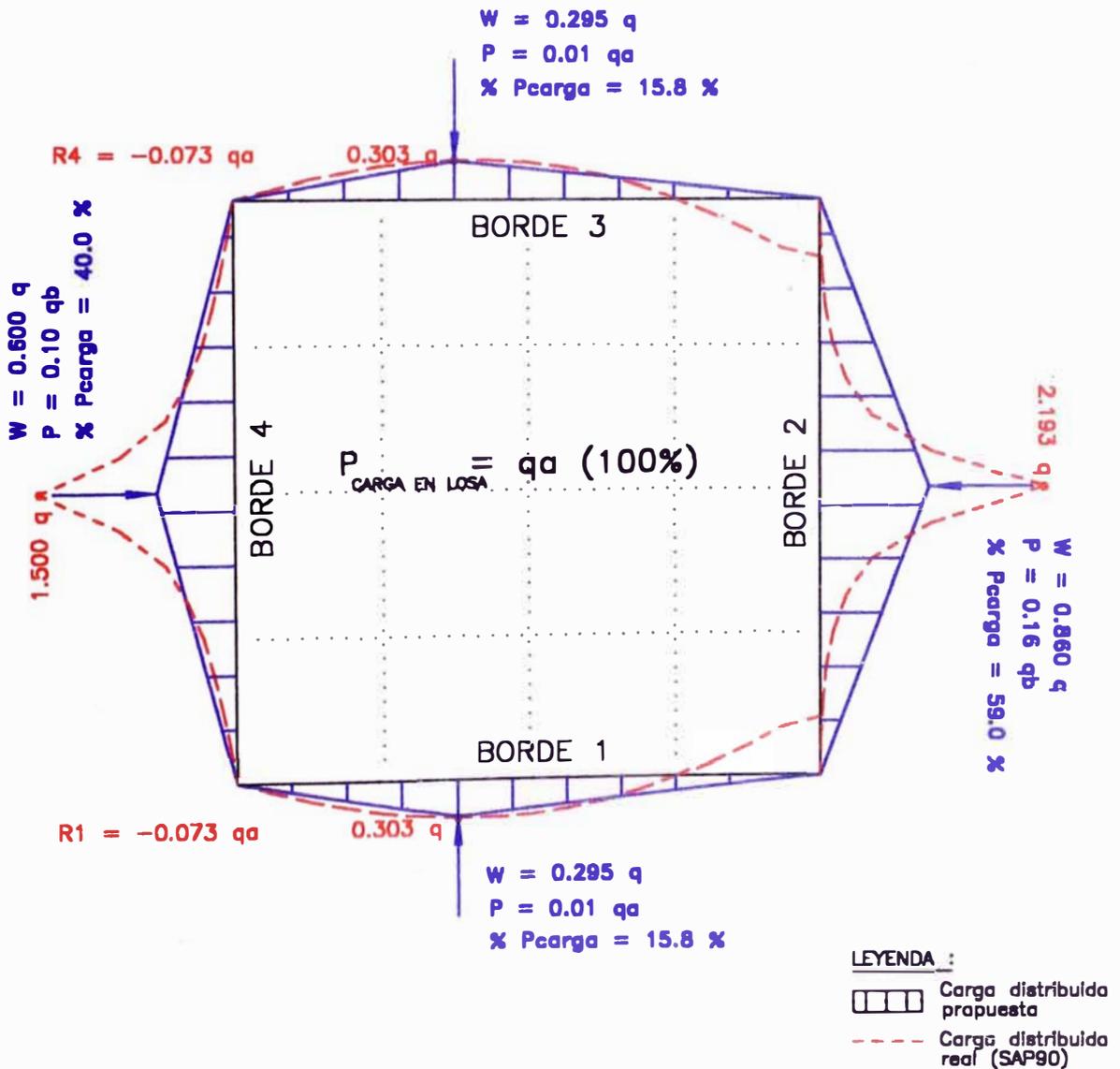
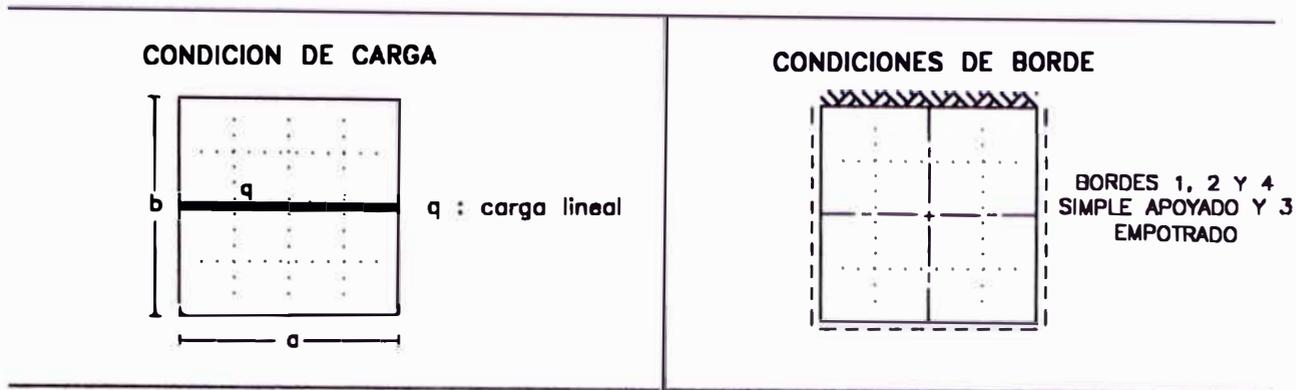


Gráfico 4.7. : CASO II-14C – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

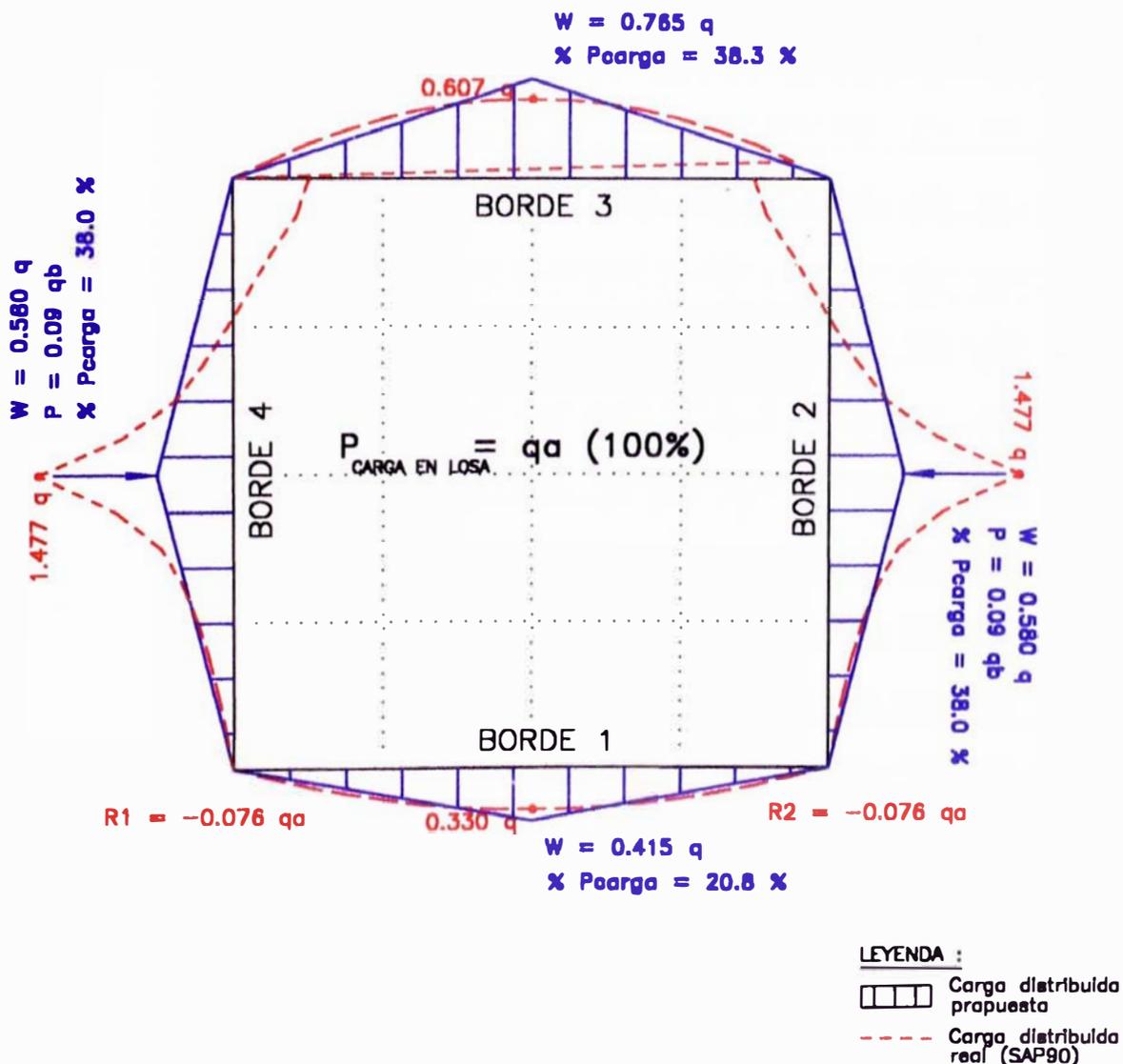
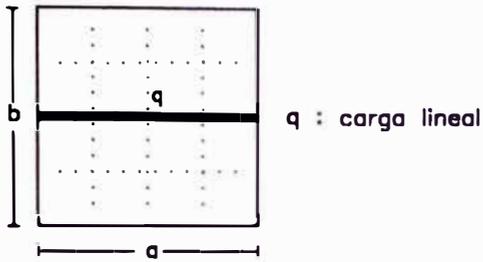
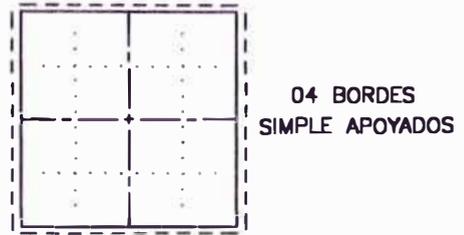


Gráfico 4.8. : CASO II-15C – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud

CONDICION DE CARGA



CONDICIONES DE BORDE



LOSA CUADRADA (b/a = 1.0)

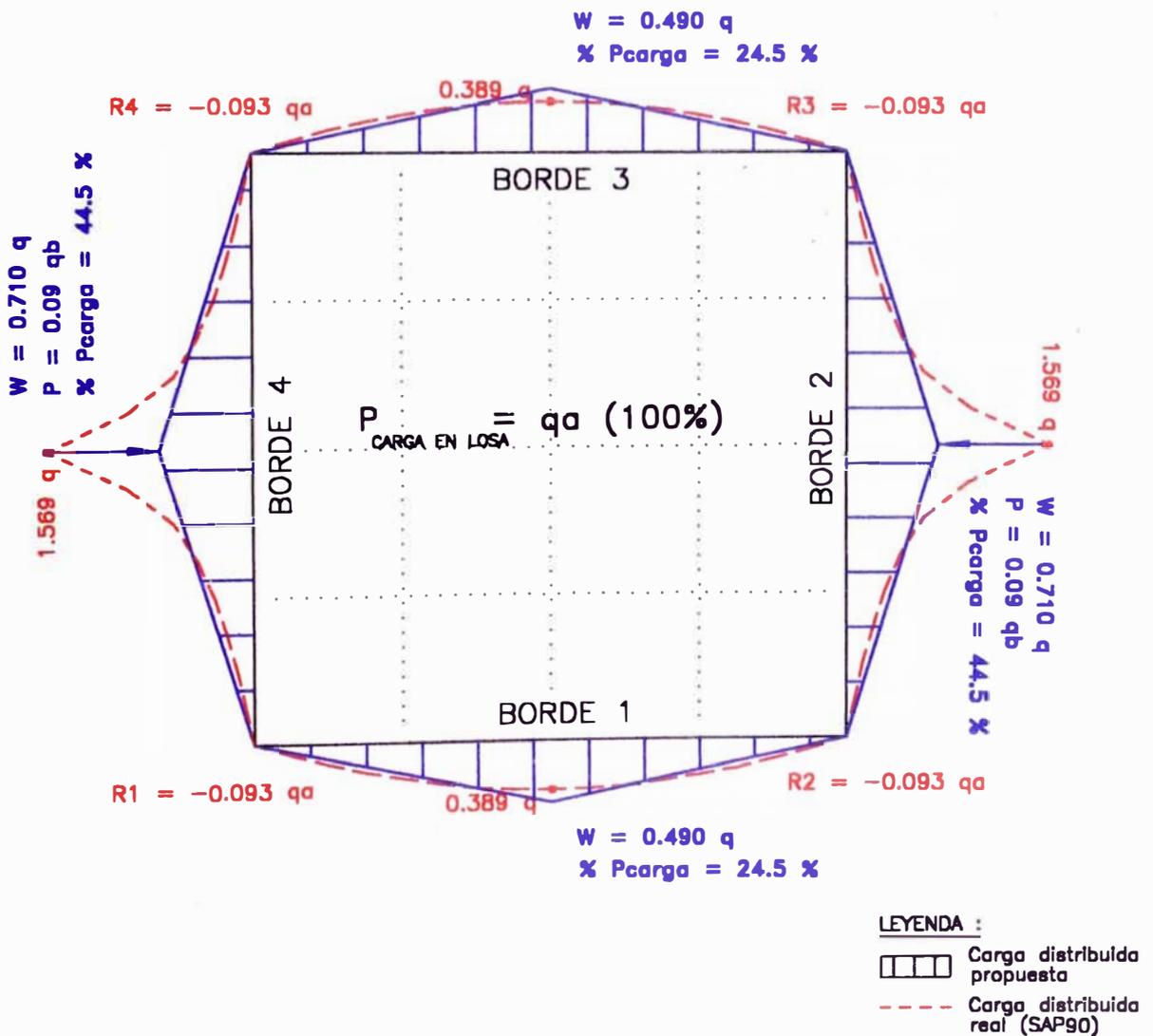
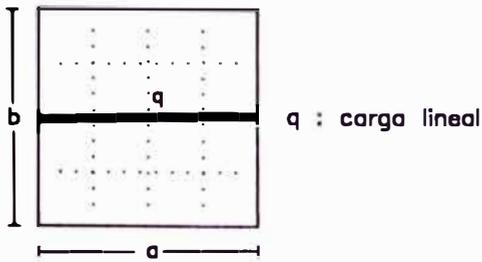
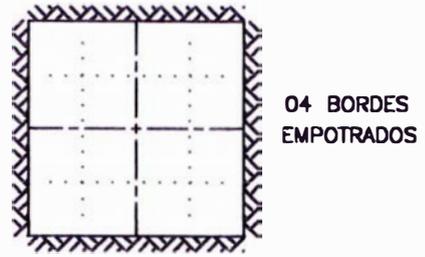


Gráfico 4.9. : CASO II-16C – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud

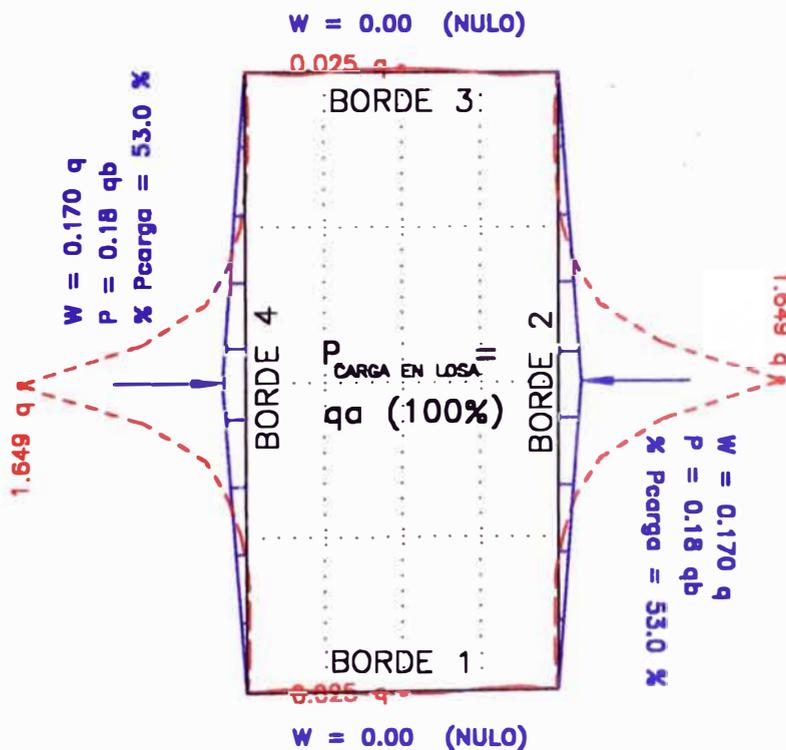
CONDICION DE CARGA



CONDICIONES DE BORDE



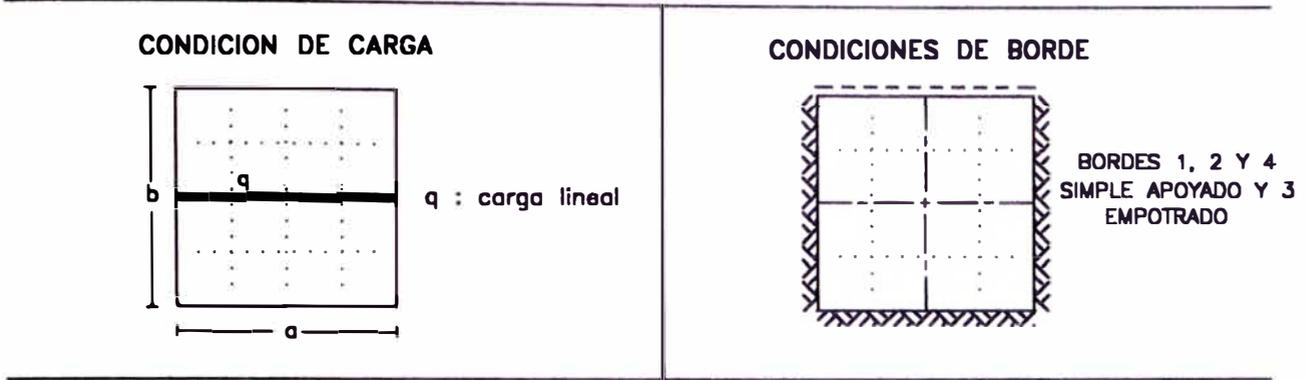
LOSA RECTANGULAR (b/a = 2.0)



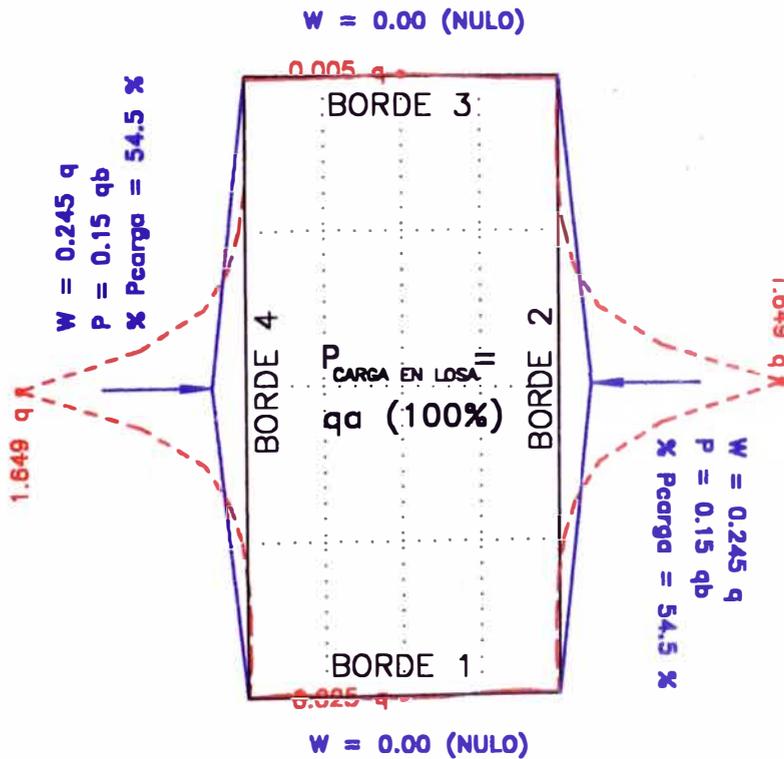
LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.10. : CASO II-01R – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud

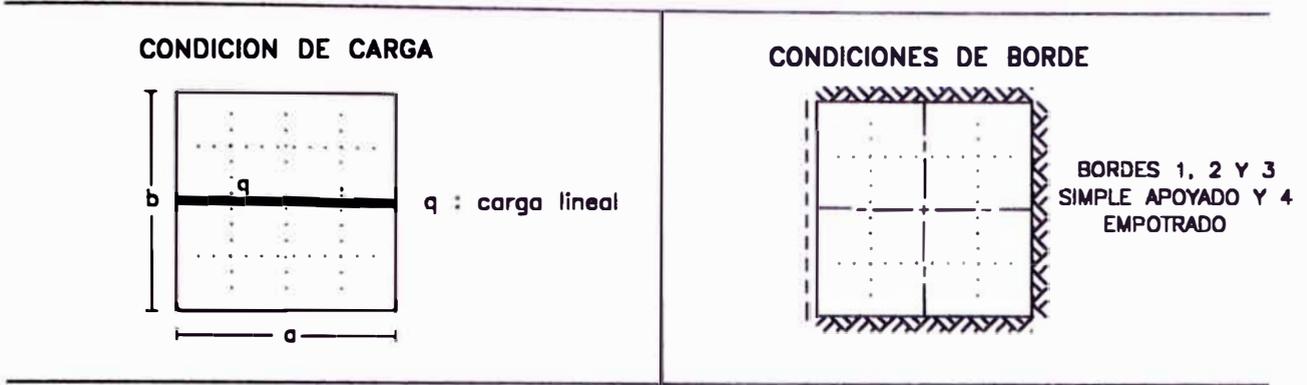


LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)



LEYENDA :
 Carga distribuida propuesta
 Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.11. : CASO II-04R – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR (b/a = 2.0)

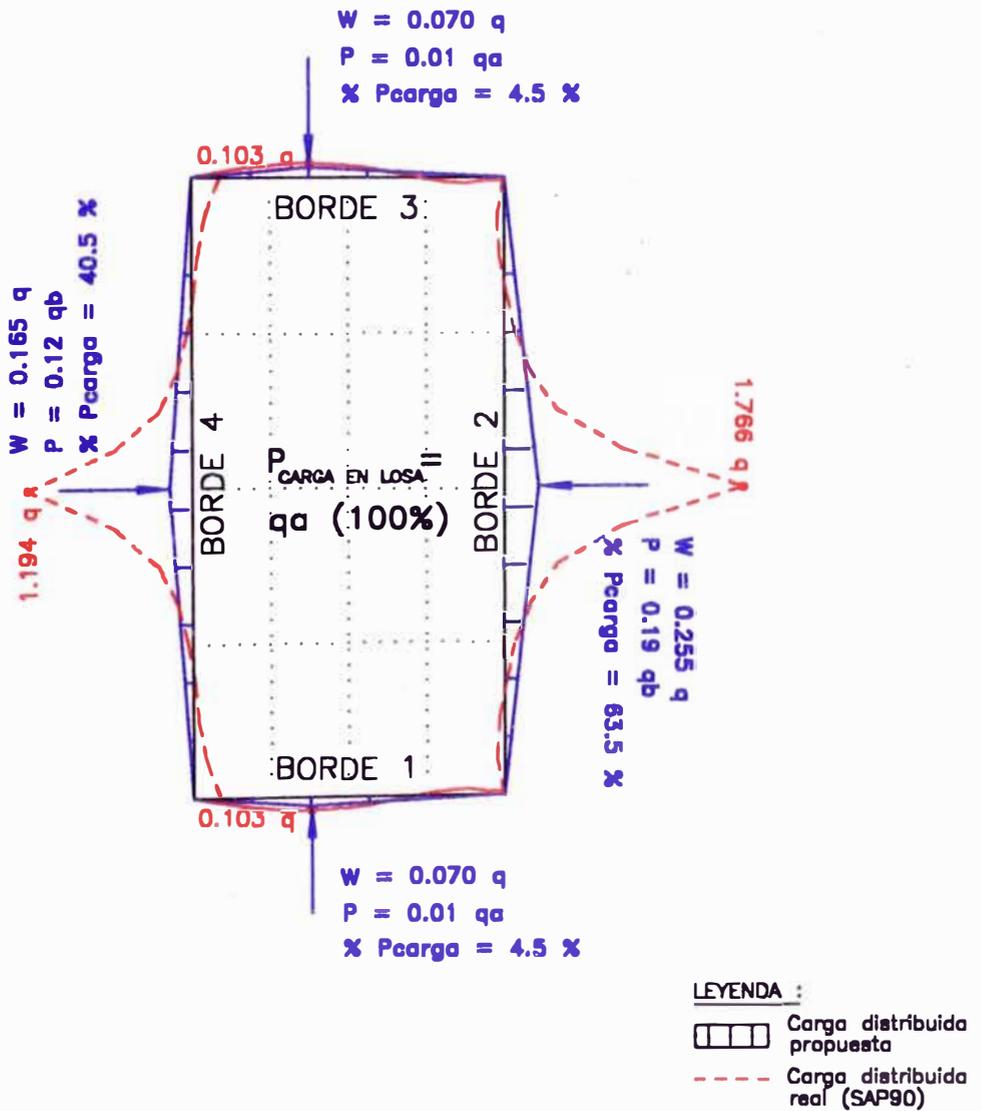
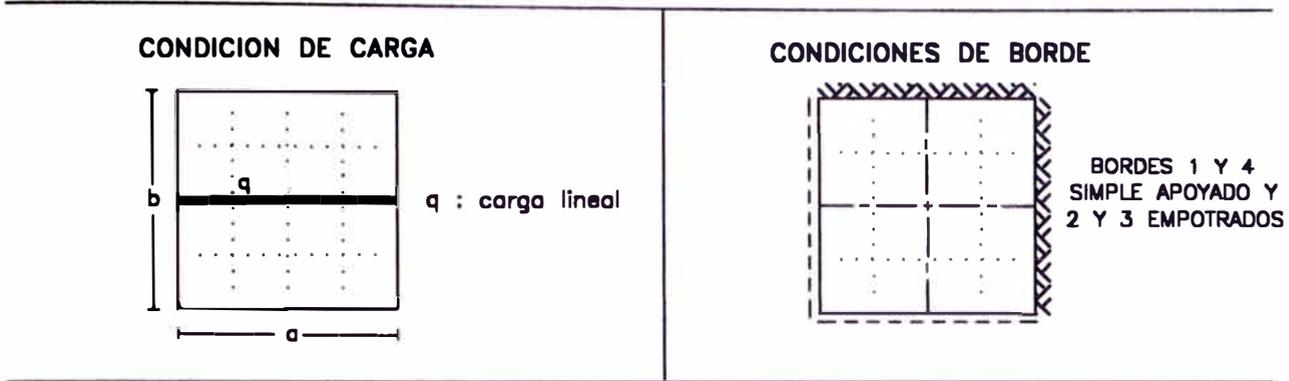
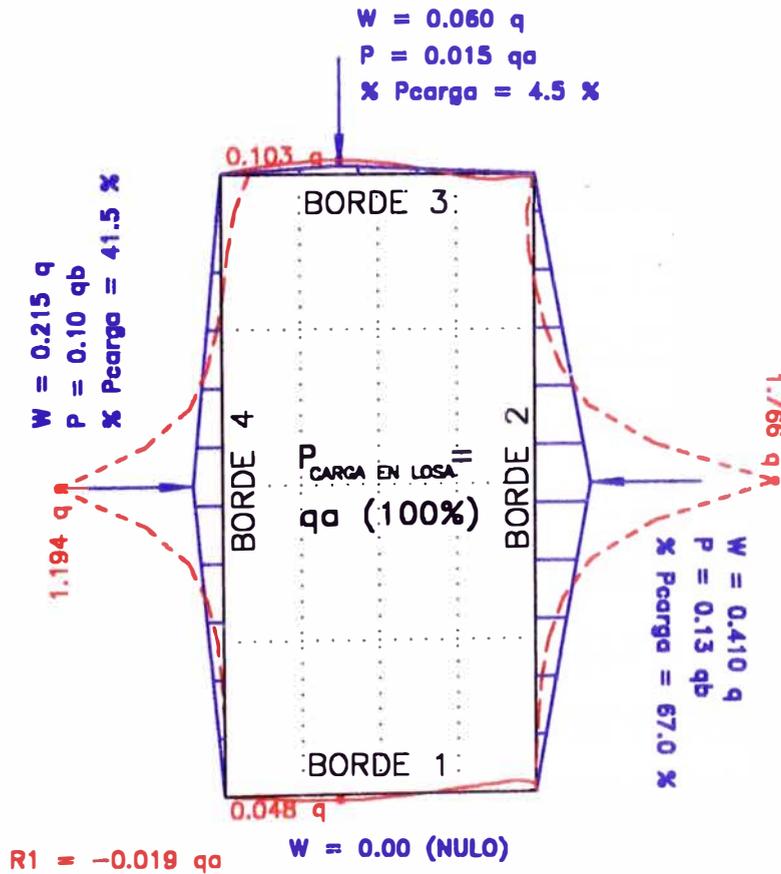


Gráfico 4.12. : CASO II-05R – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

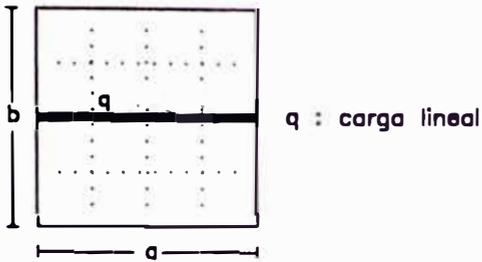


LEYENDA :

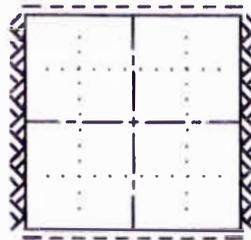
- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.13. : CASO II-09R – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud

CONDICION DE CARGA

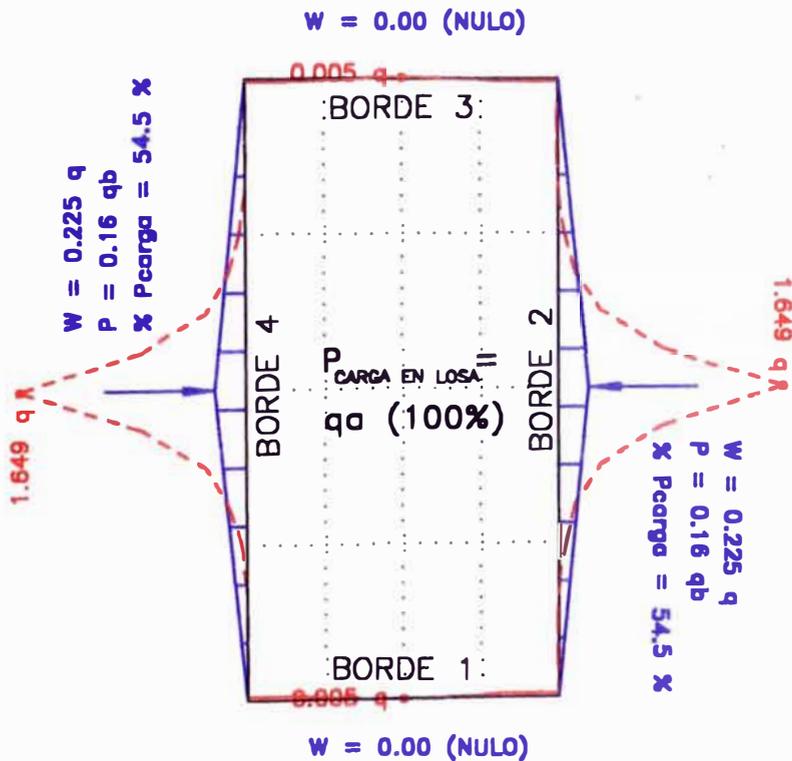


CONDICIONES DE BORDE



BORDES 1 Y 3
SIMPLE APOYADO Y
2 Y 4 EMPOTRADO

LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

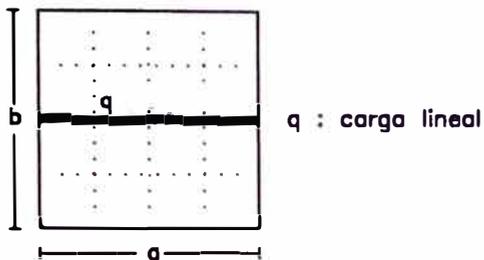


LEYENDA :

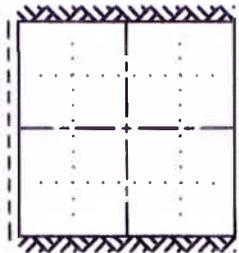
- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.14. : CASO II-10R – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud

CONDICION DE CARGA

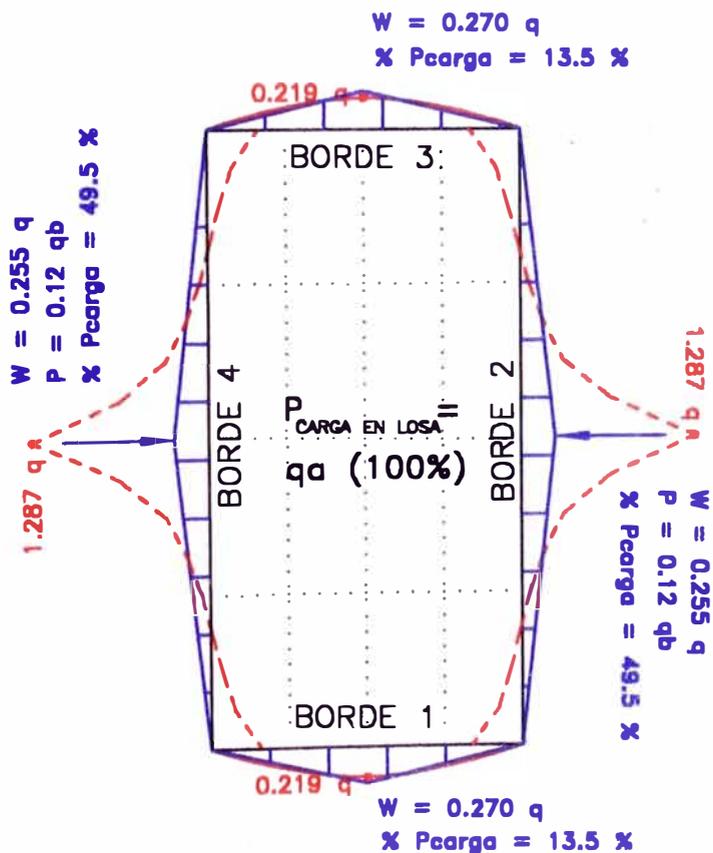


CONDICIONES DE BORDE



BORDES 2 Y 4
SIMPLE APOYADO Y
1 Y 4 EMPOTRADOS

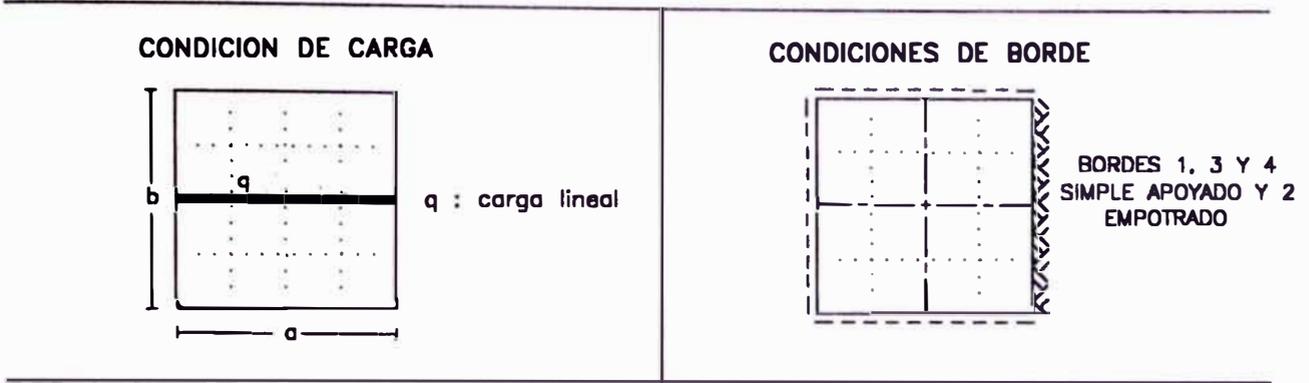
LOSA RECTANGULAR (b/a = 2.0)



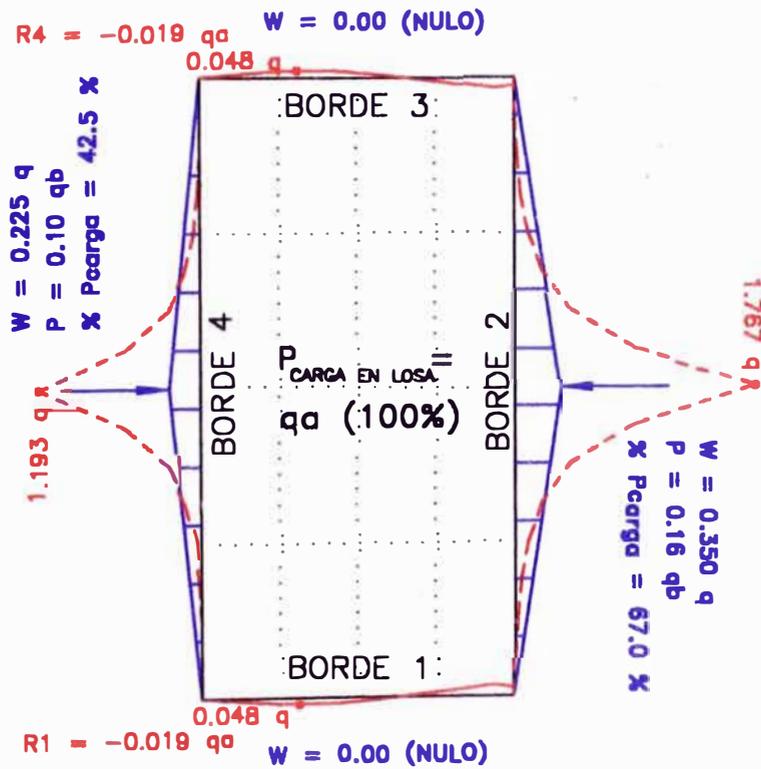
LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.15. : CASO 11-11R – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

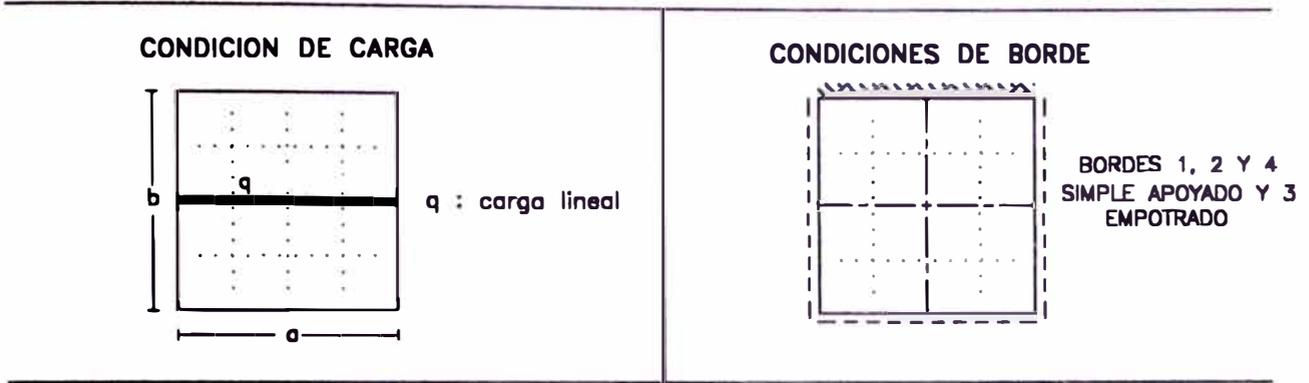


LEYENDA :

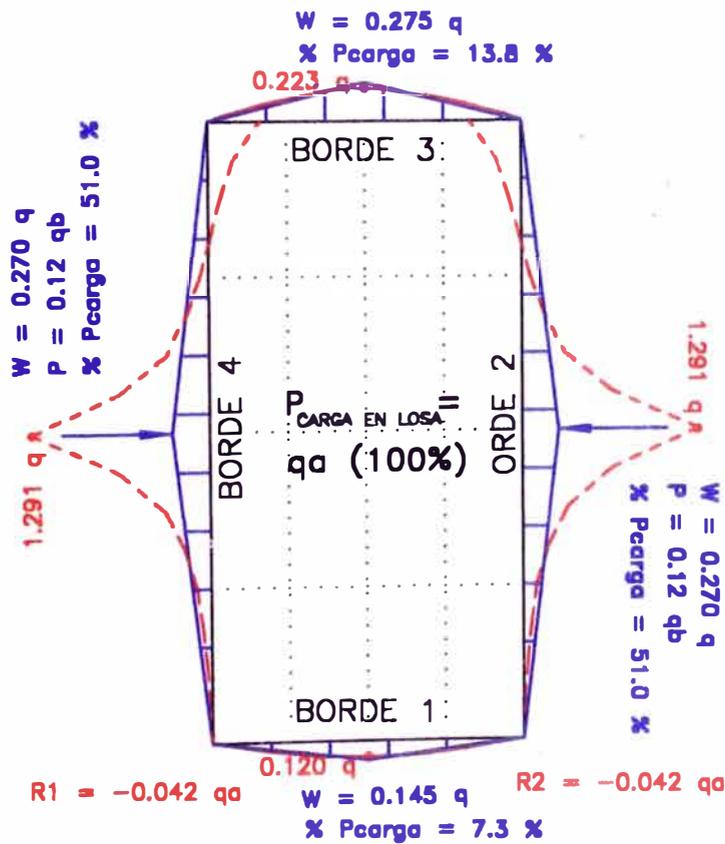
Carga distribuida propuesta

Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.16. : CASO II-14R – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



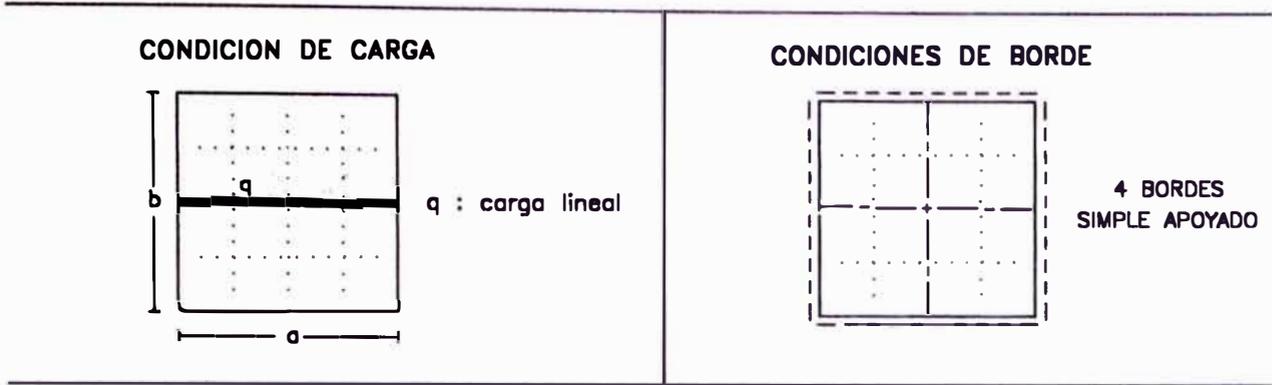
LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)



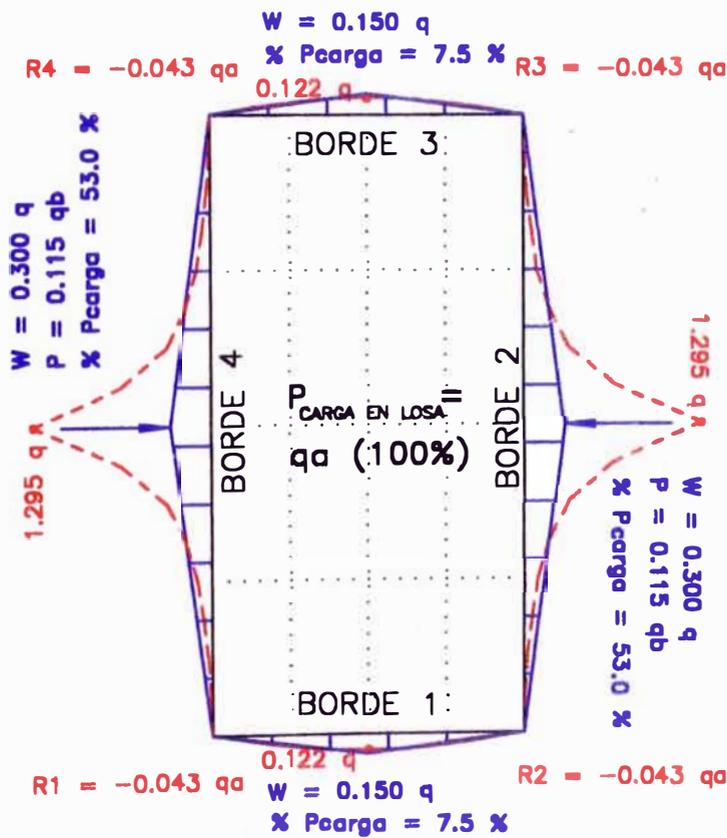
LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.17. : CASO II-15R – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR (b/a = 2.0)

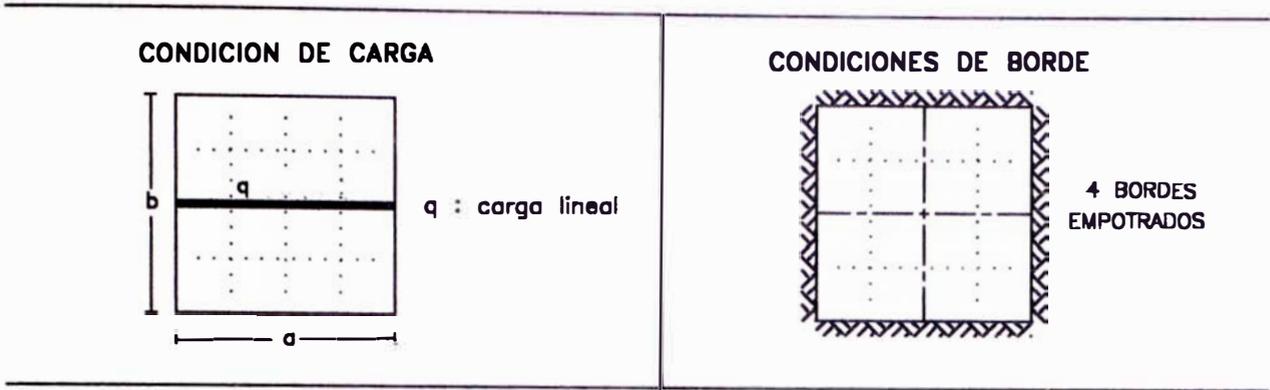


LEYENDA :

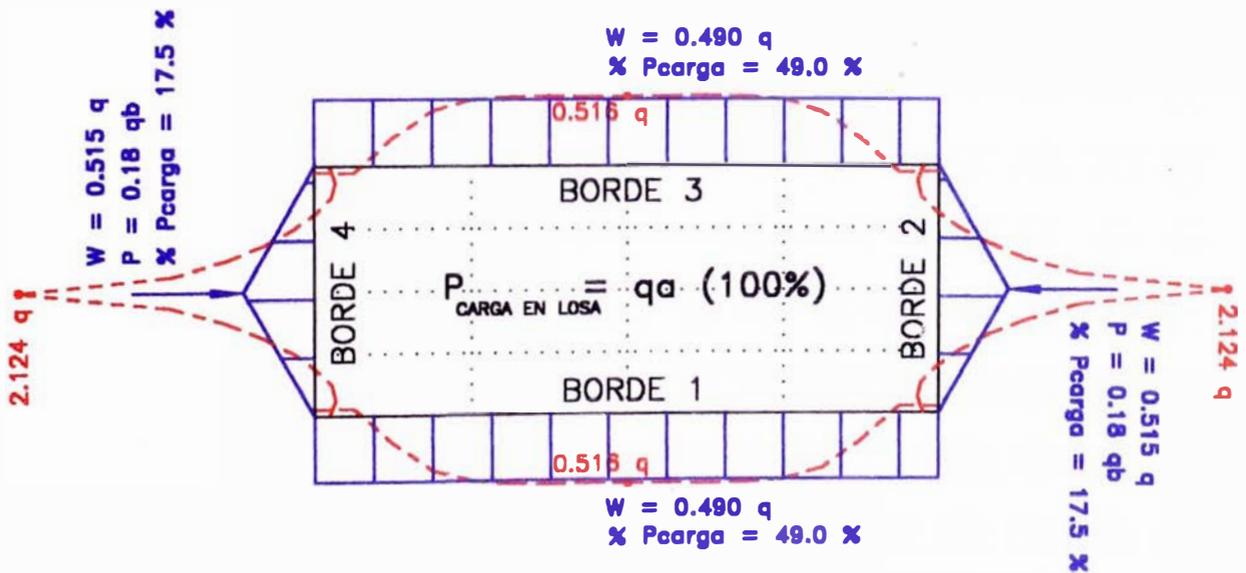
Carga distribuida propuesta

Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.18. : CASO II-16R – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



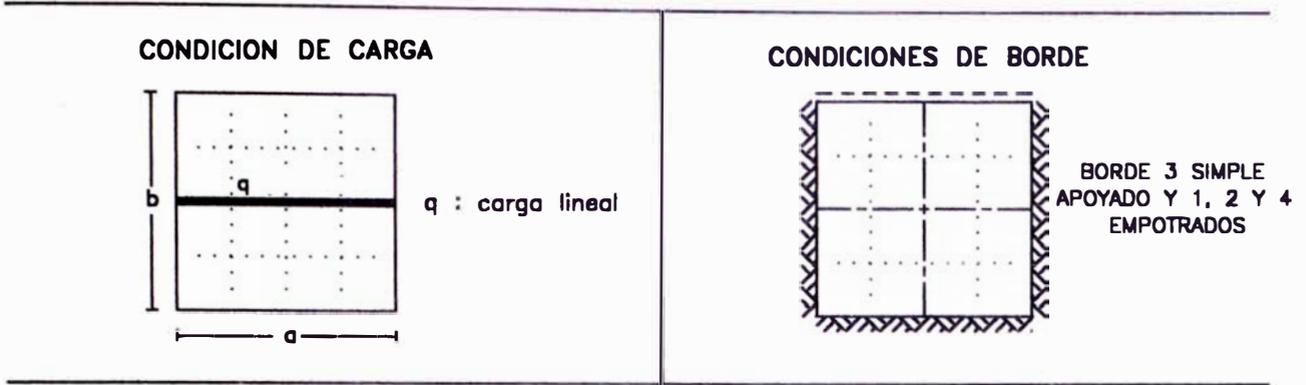
LOSA RECTANGULAR (b/a = 0.4)



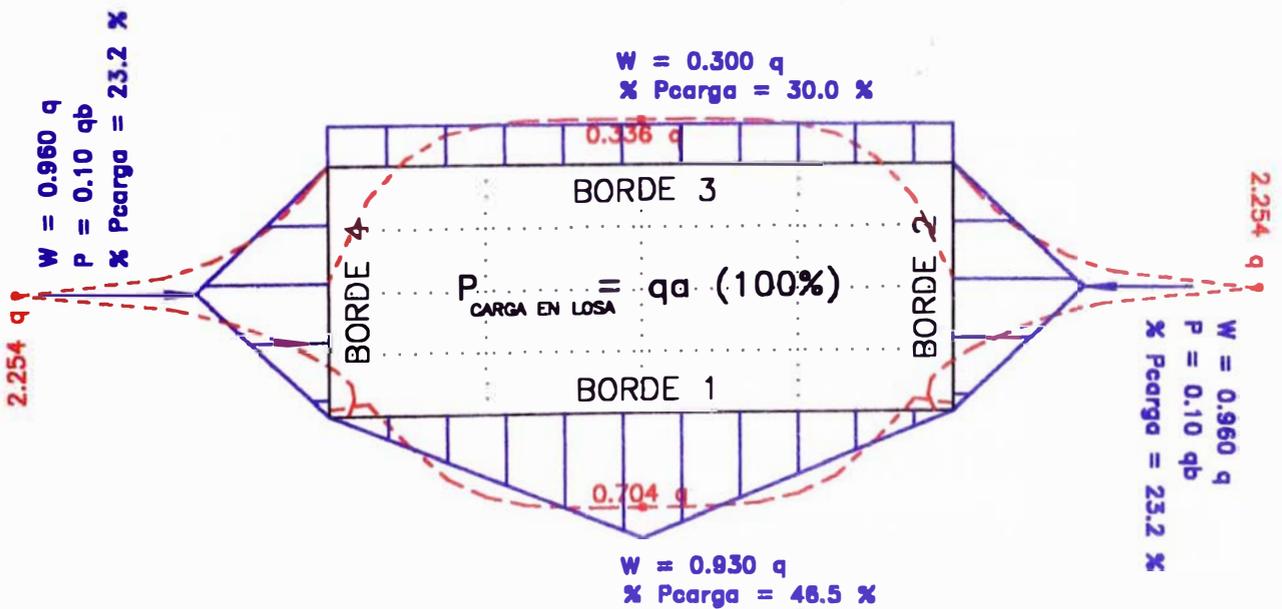
LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.19. : CASO I1-01Rm – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES.
 Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



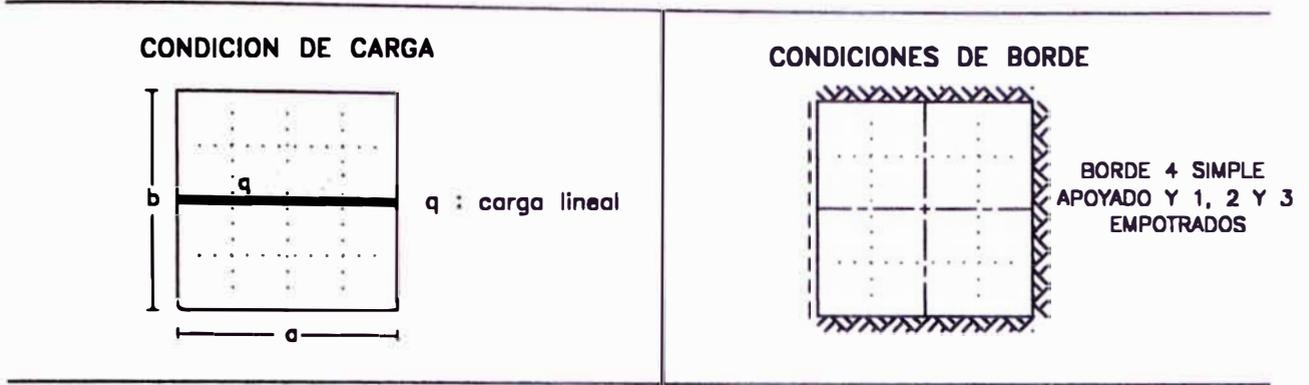
LOSA RECTANGULAR ($b/a = 0.4$)



LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.20. : CASO II-04Rm – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR (b/a = 0.4)

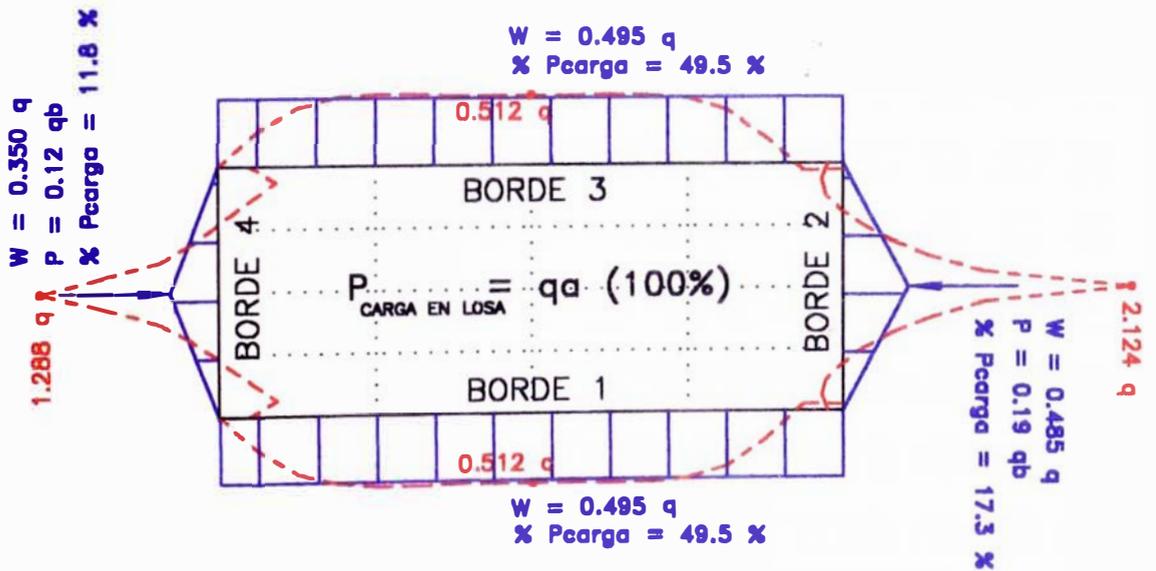
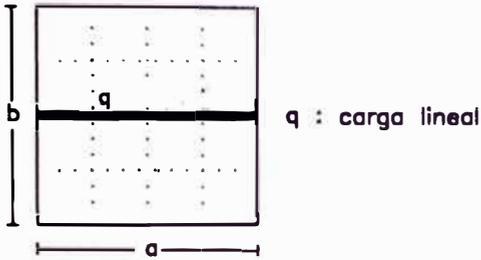
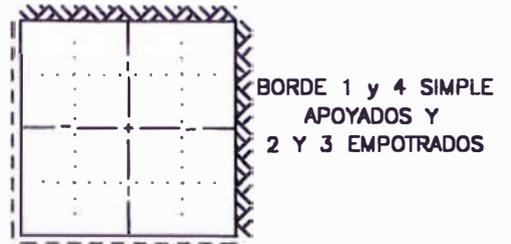


Gráfico 4.21. : CASO II-05Rm – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud

CONDICION DE CARGA

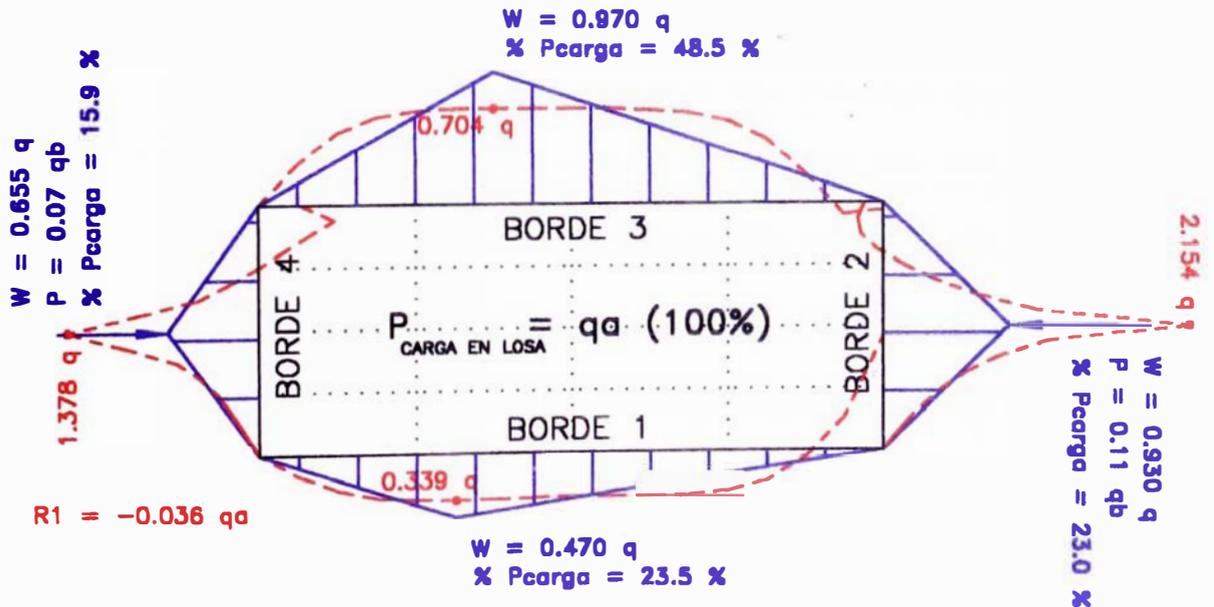


CONDICIONES DE BORDE



BORDE 1 y 4 SIMPLE APOYADOS Y 2 Y 3 EMPOTRADOS

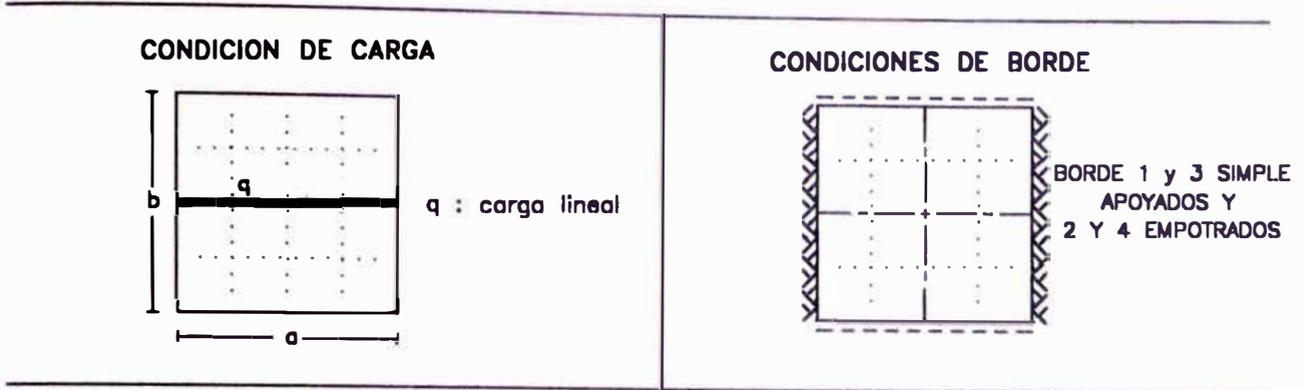
LOSA RECTANGULAR ($b/a = 0.4$)



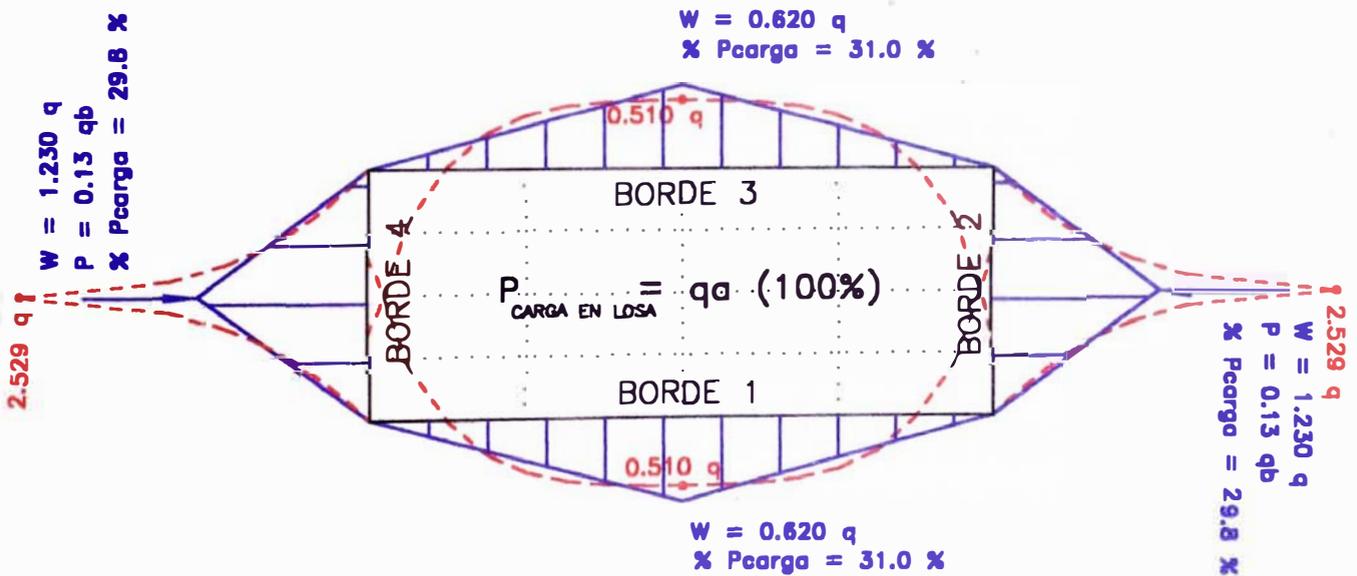
LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.22. : CASO 11-09Rm – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR (b/a = 0.4)

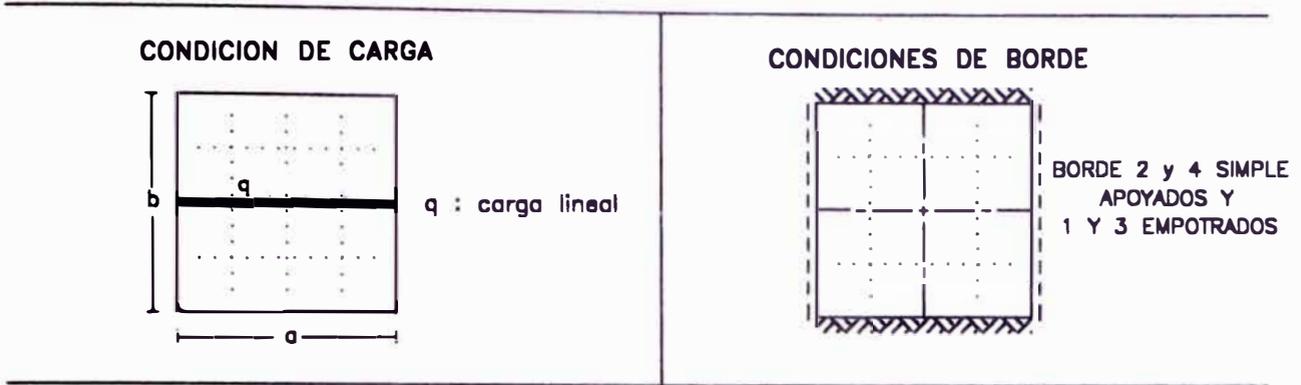


LEYENDA :

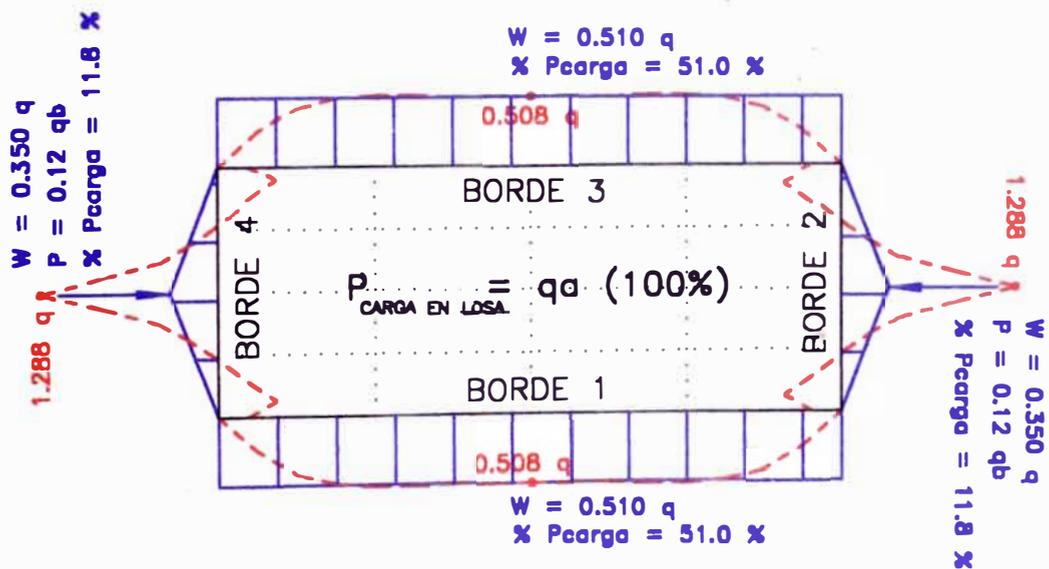
Carga distribuida propuesta

Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.23. : CASO II-10Rm – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



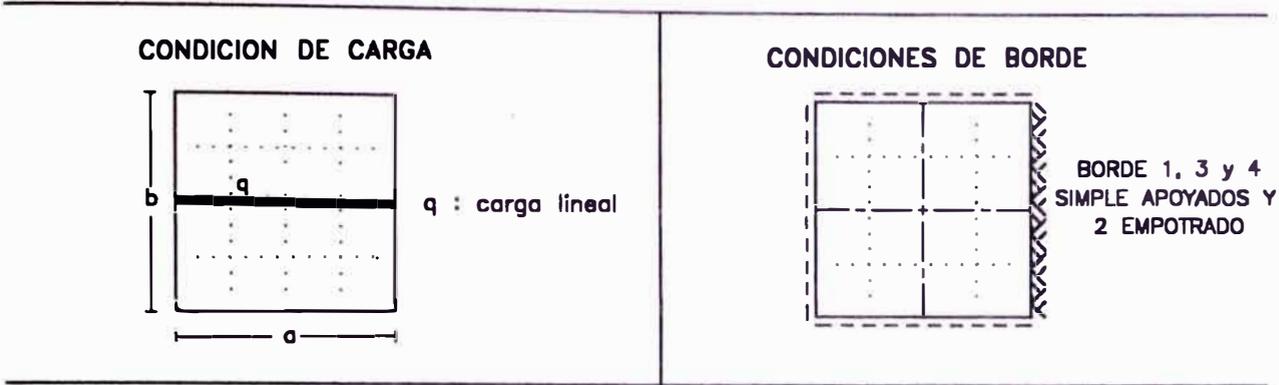
LOSA RECTANGULAR (b/a = 0.4)



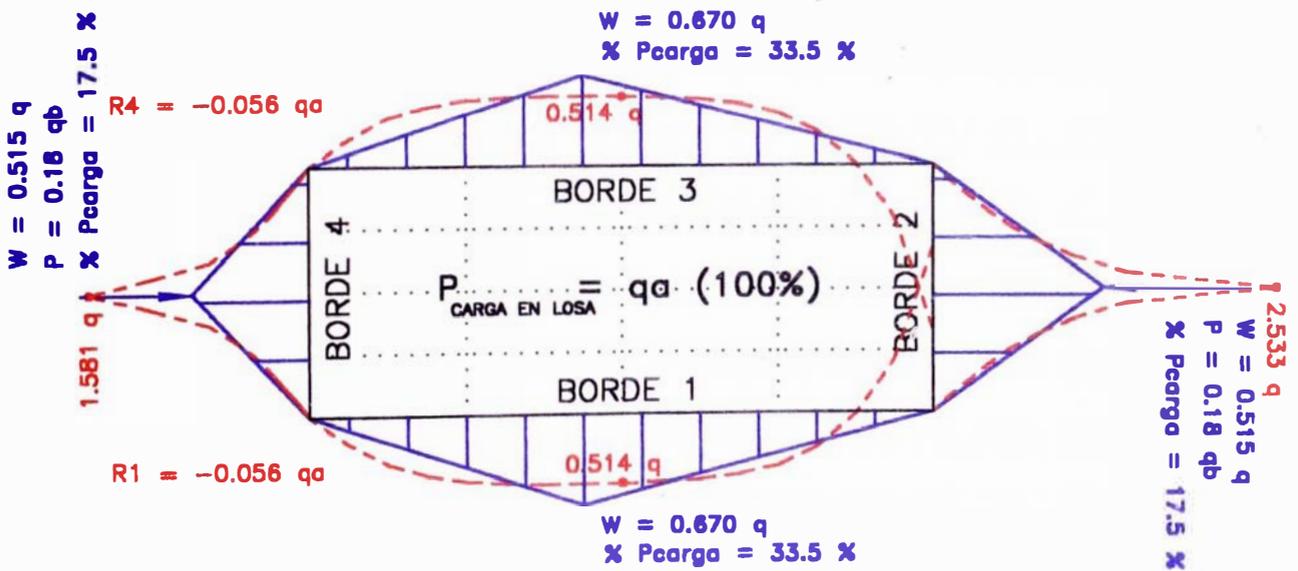
LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.24. : CASO II-11Rm – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



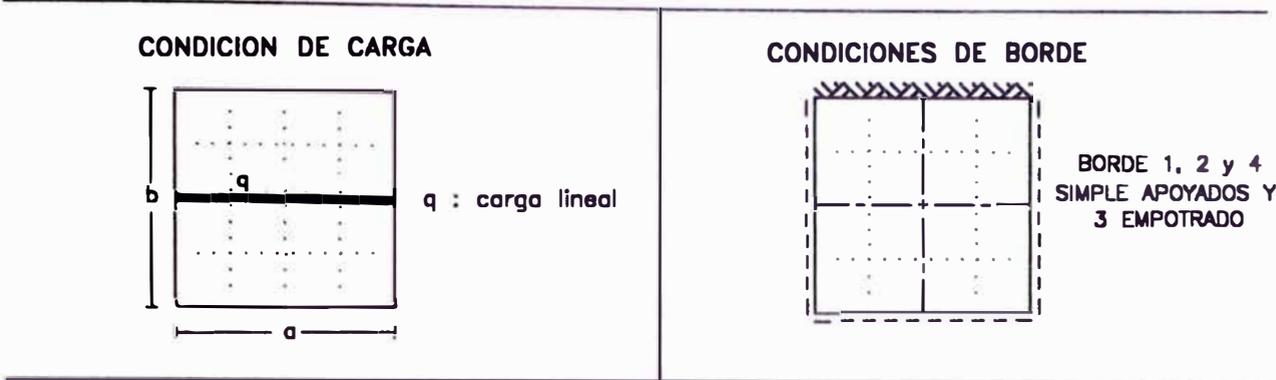
LOSA RECTANGULAR ($b/a = 0.4$)



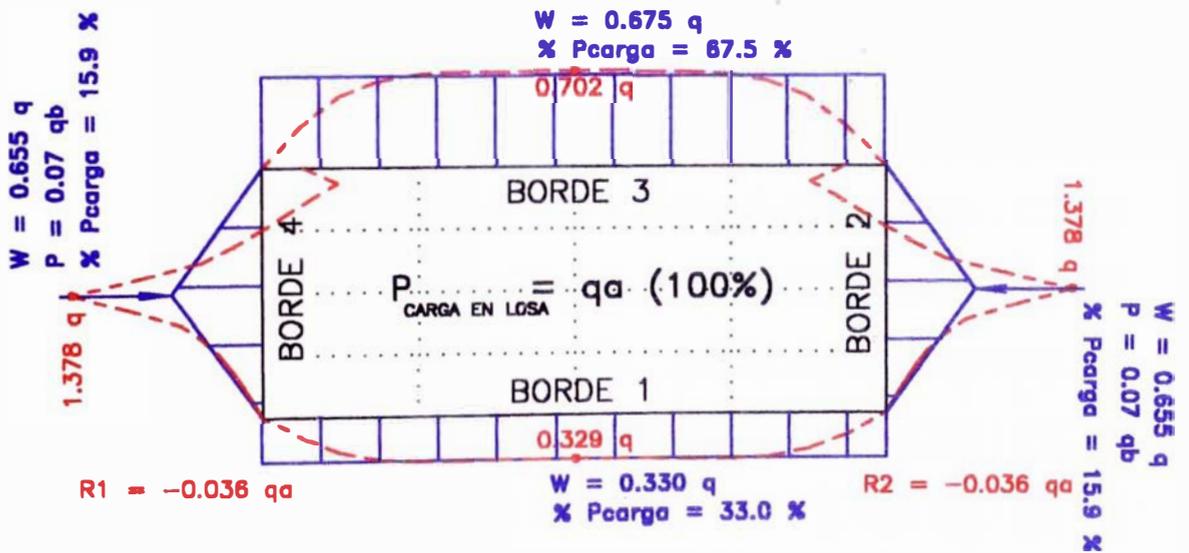
LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.25. : CASO I1-14Rm – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



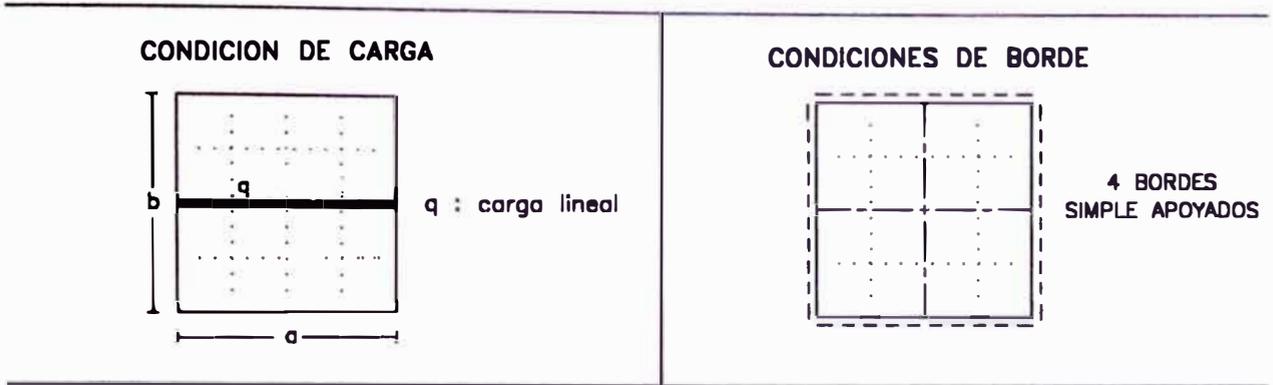
LOSA RECTANGULAR ($b/a = 0.4$)



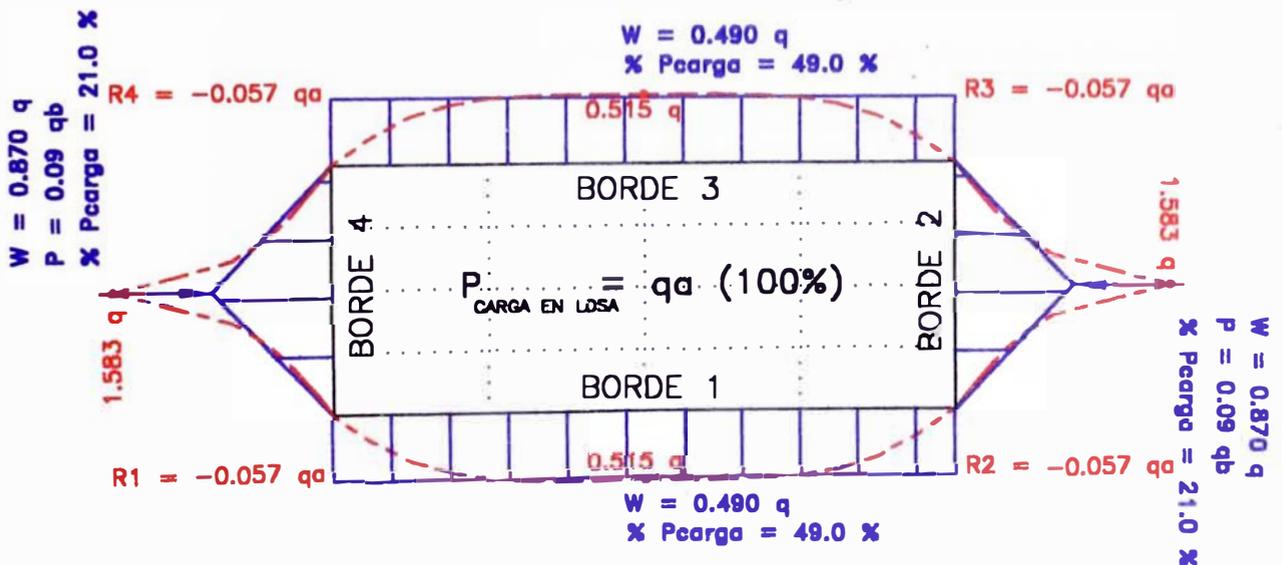
LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.26. : CASO 11-15Rm – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR ($b/a = 0.4$)



LEYENDA :

- Carga distribuida propuesta
- Carga distribuida real (SAP90)

Gráfico 4.27. : CASO 11-16Rm – CARGAS DISTRIBUIDAS LINEALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa q en unidades de peso/longitud, a y b : en unidades de longitud

4.2.2. Gráficos para el sistema de carga superficial S1

PARA COMODIDAD EN LA LECTURA DE LOS RESULTADOS Y POR PRESENTACION, LOS GRAFICOS SE AGRUPAN POR FORMA (CUADRADA O RECTANGULAR) DE LA LOSA.

Superficial

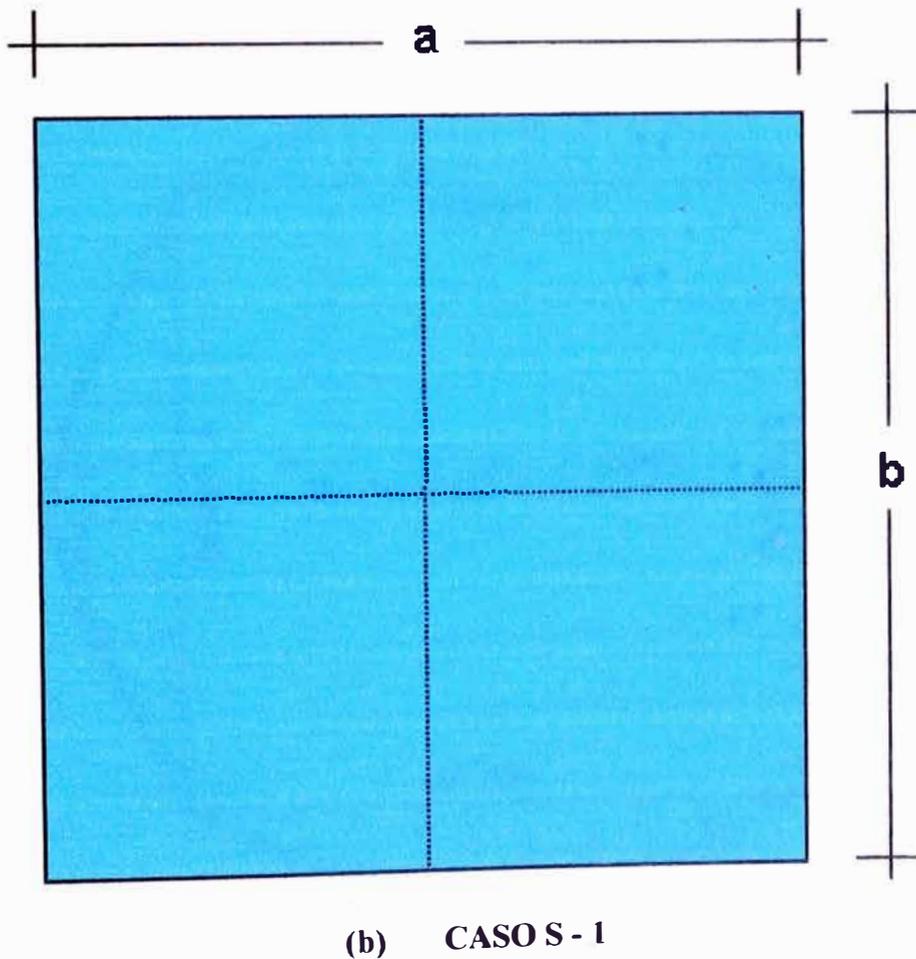
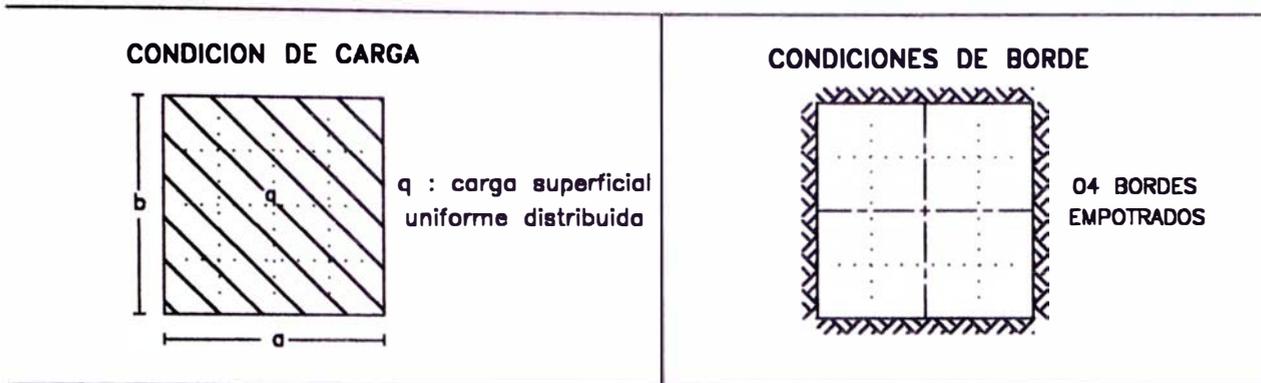


Fig. 4.2. : Carga superficial uniforme sobre la losa



LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

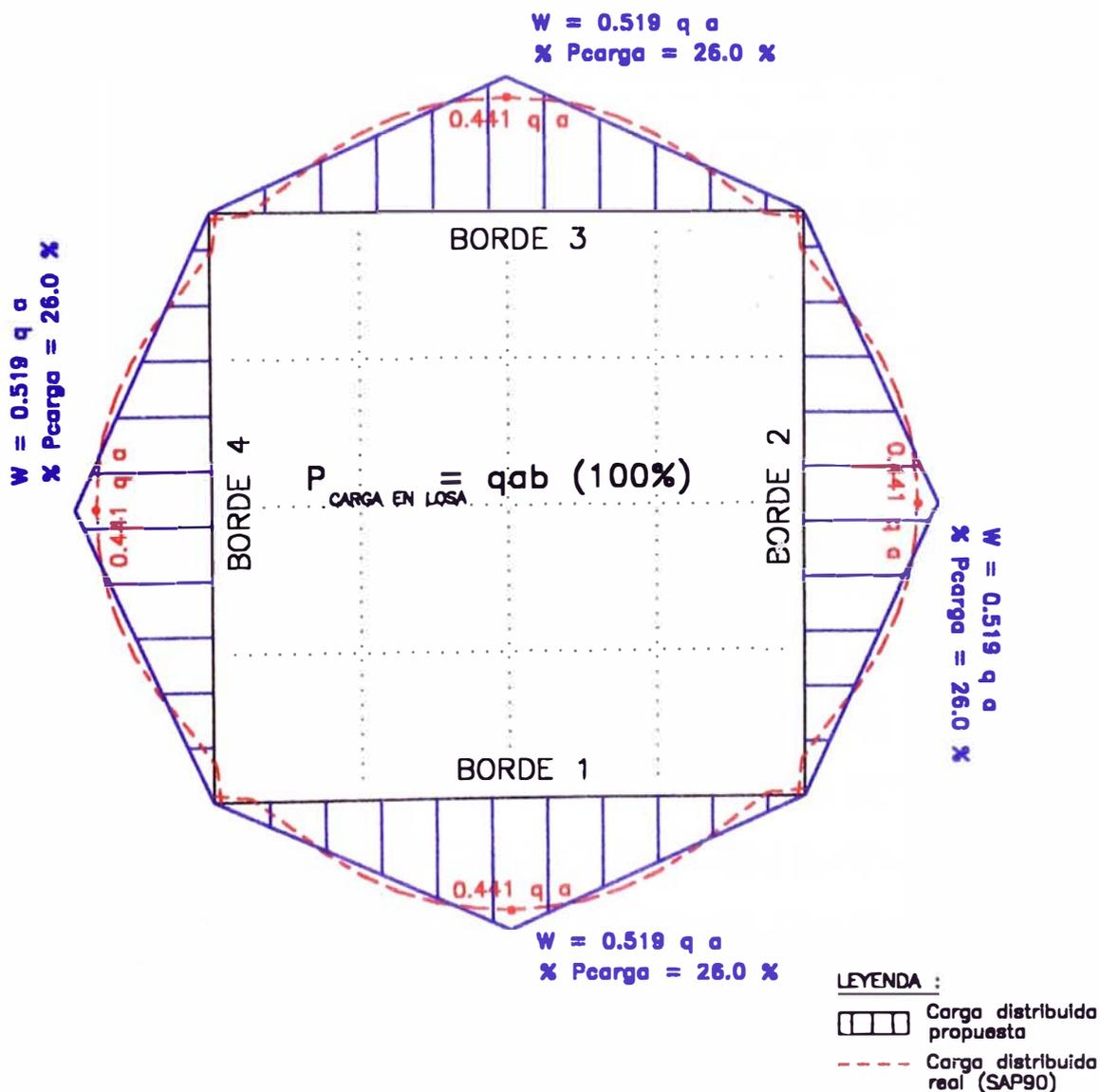
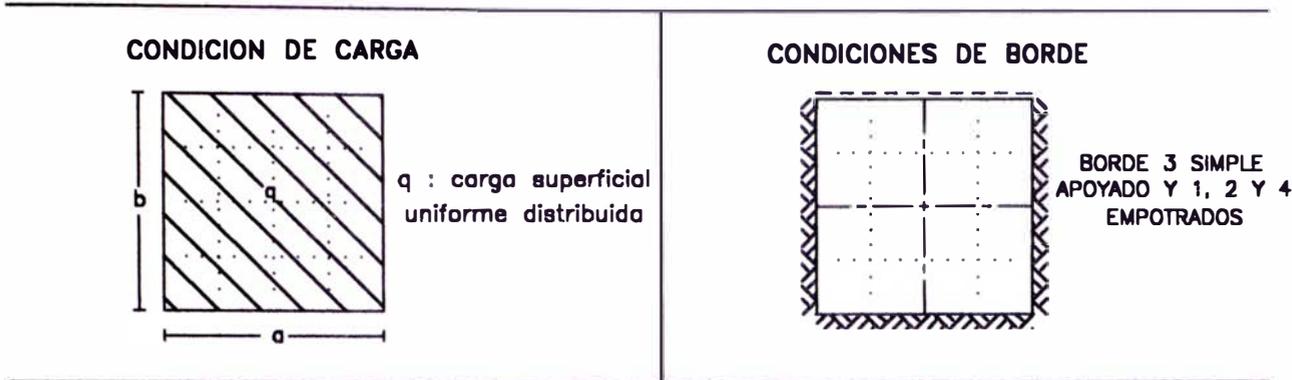


Gráfico 4.28. : CASO S1-01C – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA (b/a = 1.0)

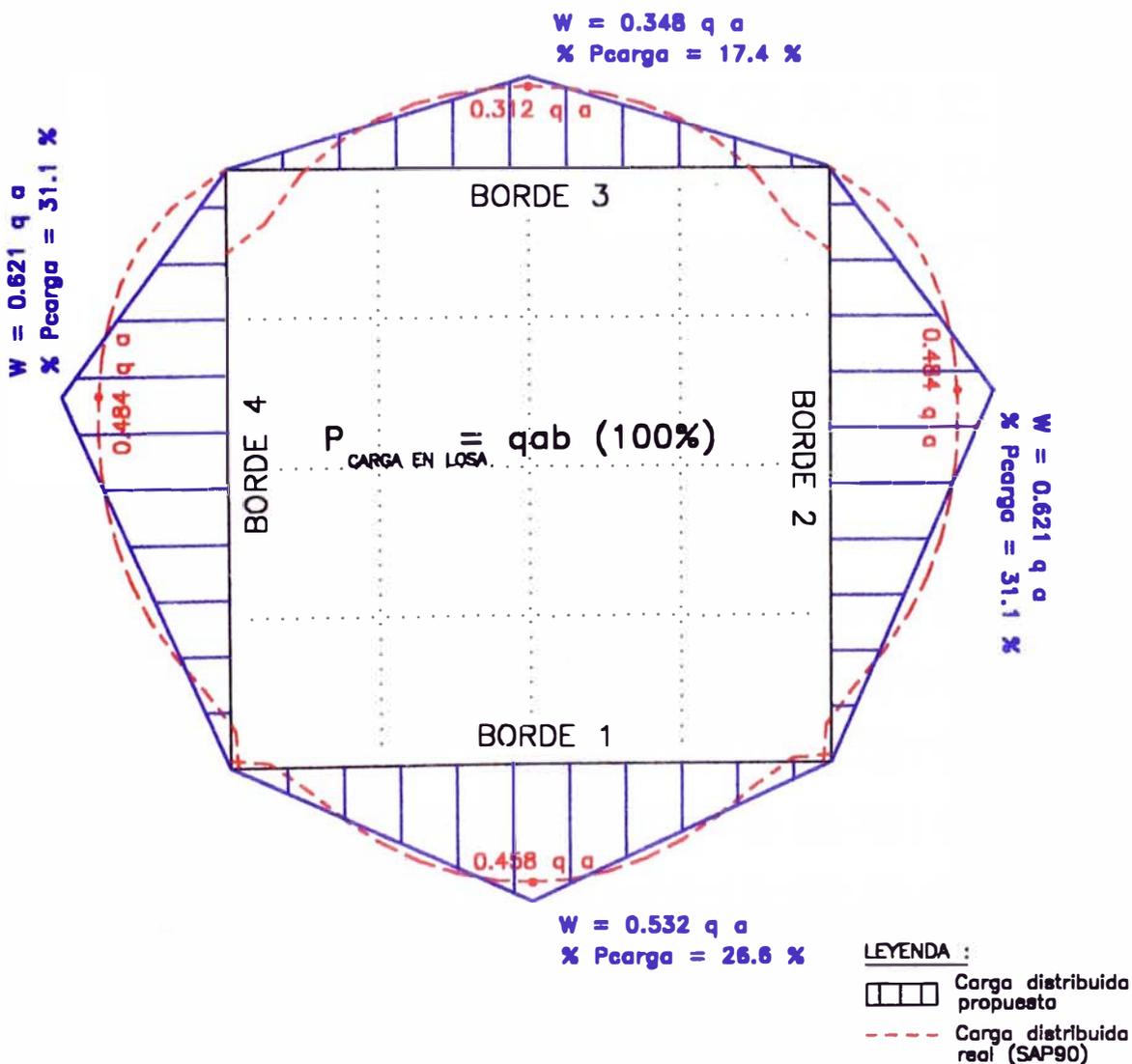
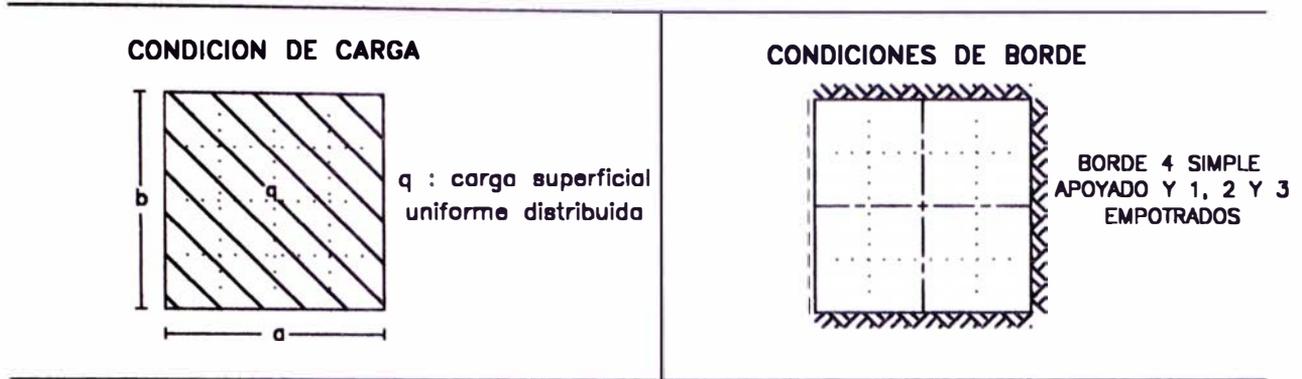


Gráfico 4.29. : CASO S1-04C – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA (b/a = 1.0)

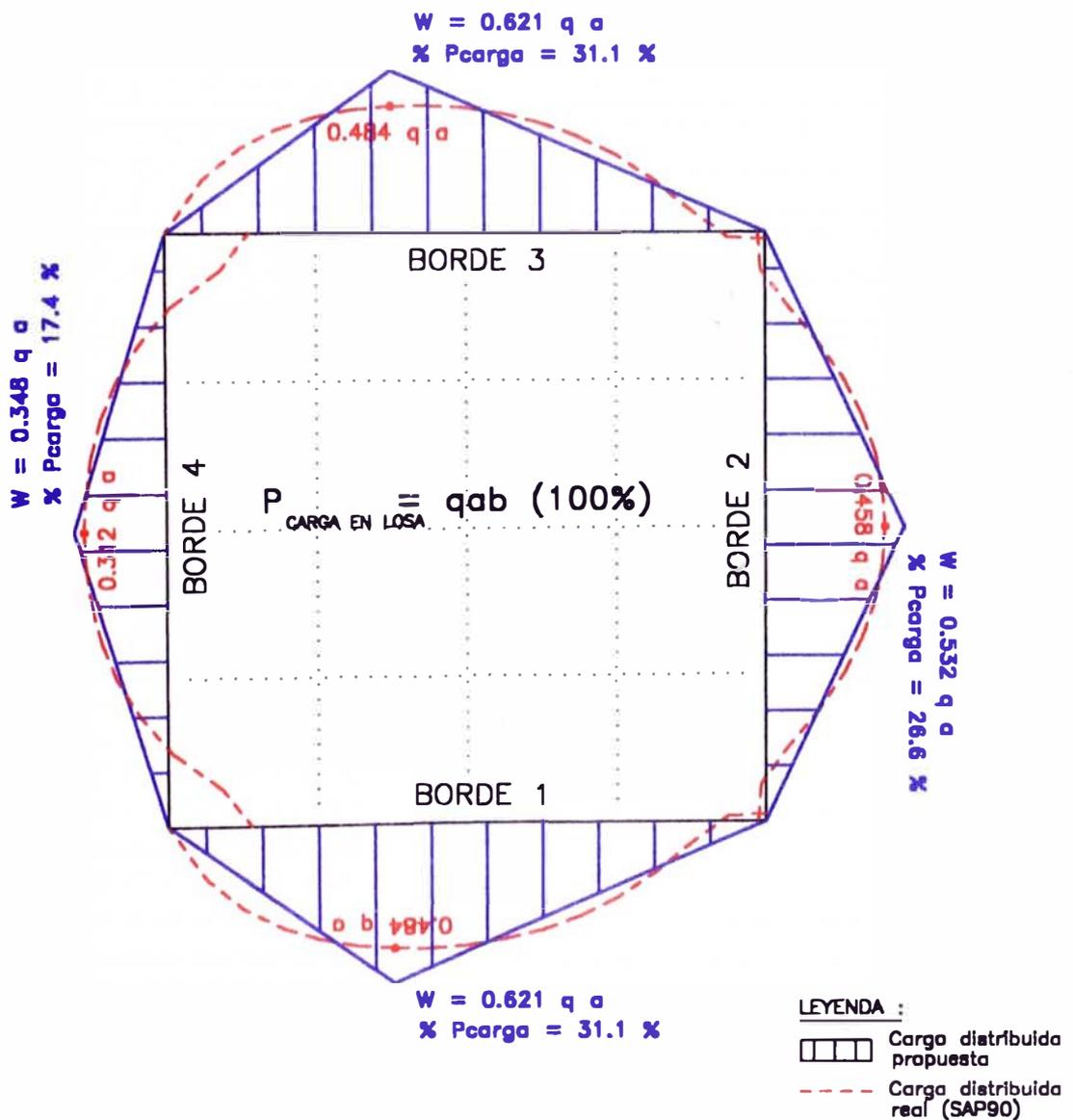
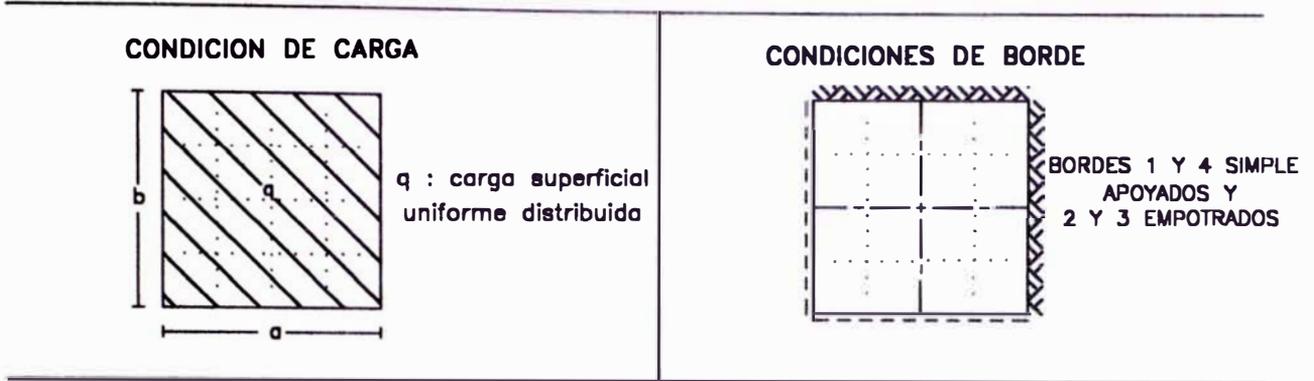


Gráfico 4.30. : CASO S1-05C – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

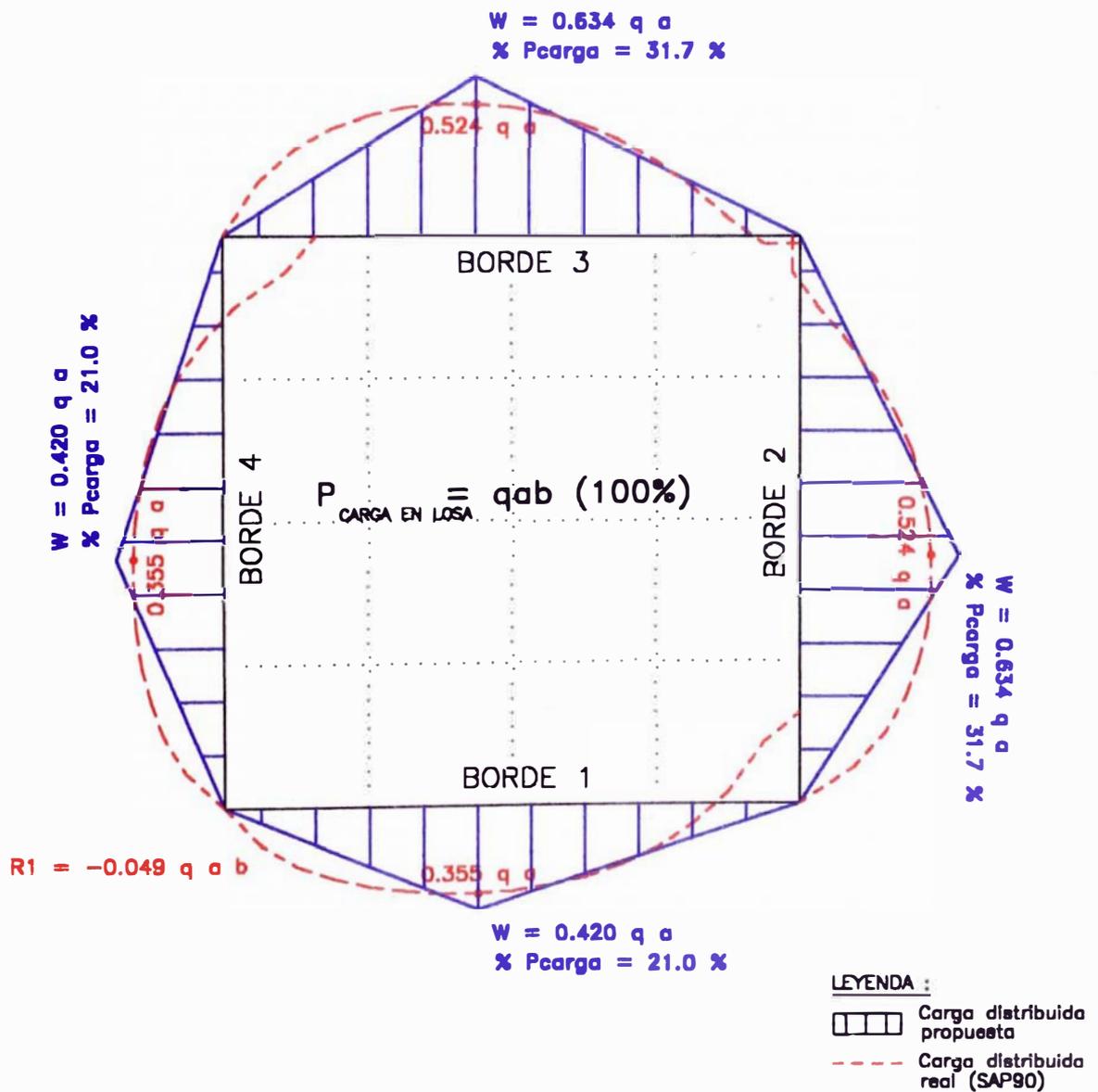
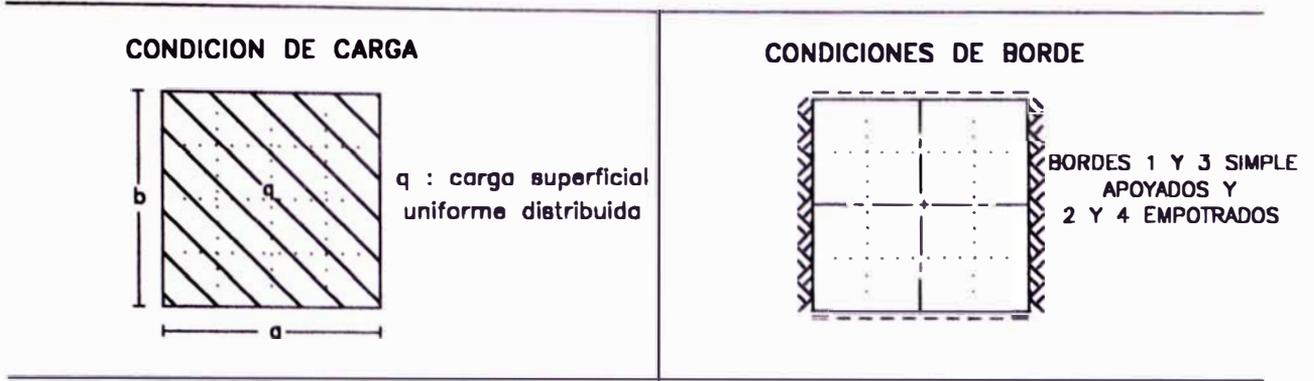


Gráfico 4.31. : CASO S1-09C – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

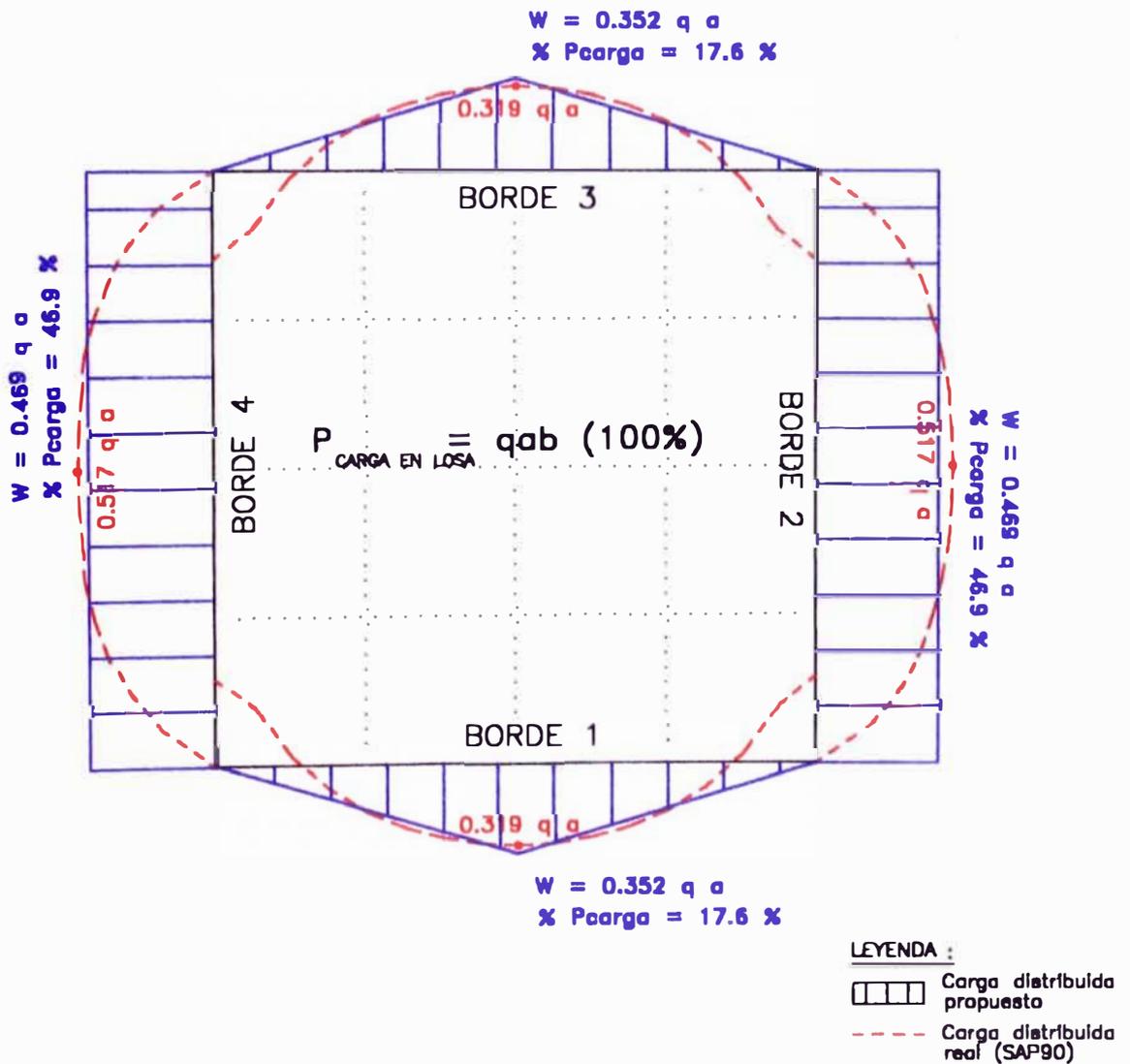
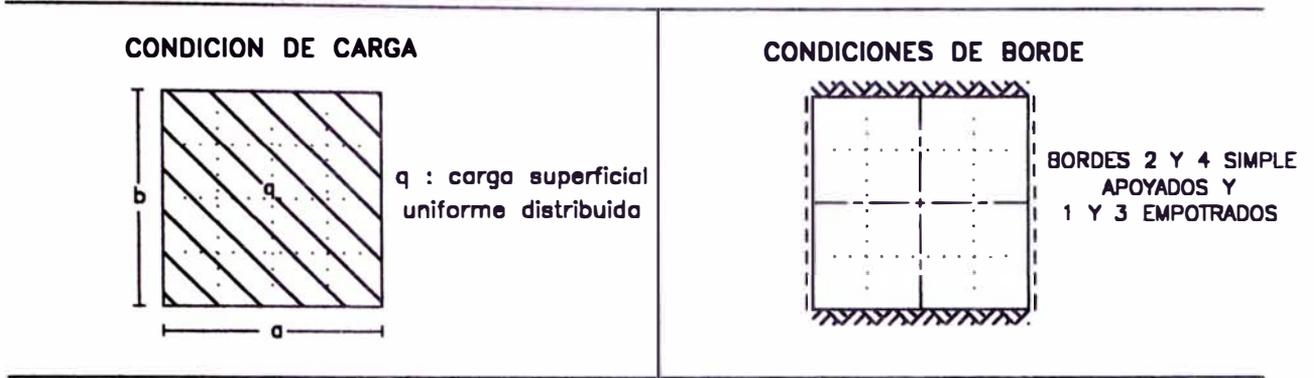


Gráfico 4.32. : CASO S1-10C – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA (b/a = 1.0)

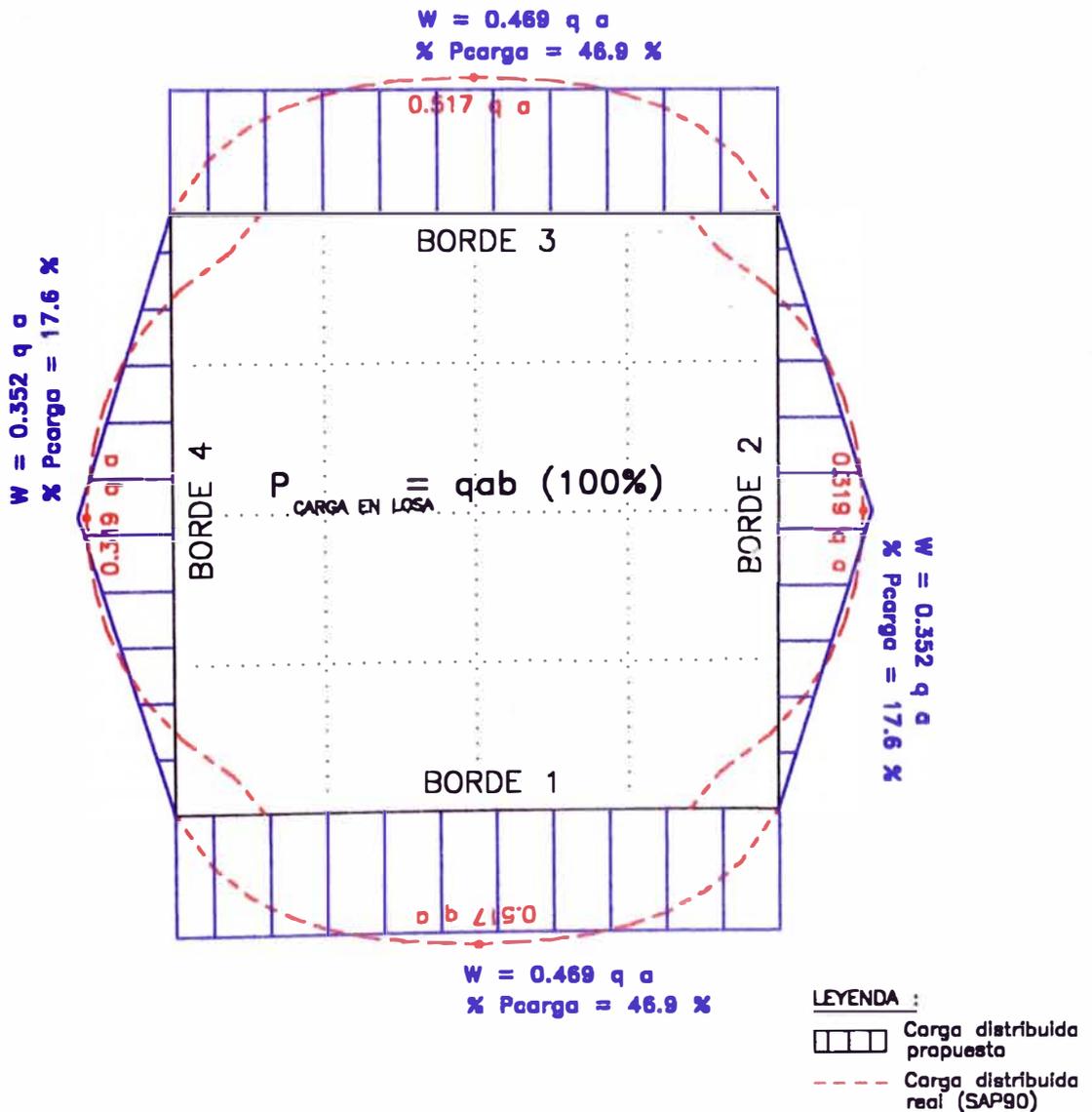
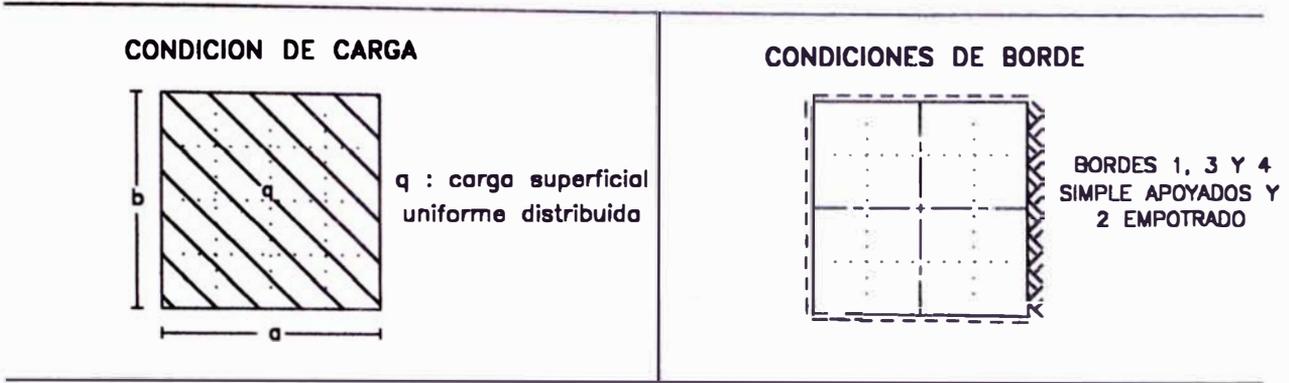


Gráfico 4.33. : CASO S1-11C – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

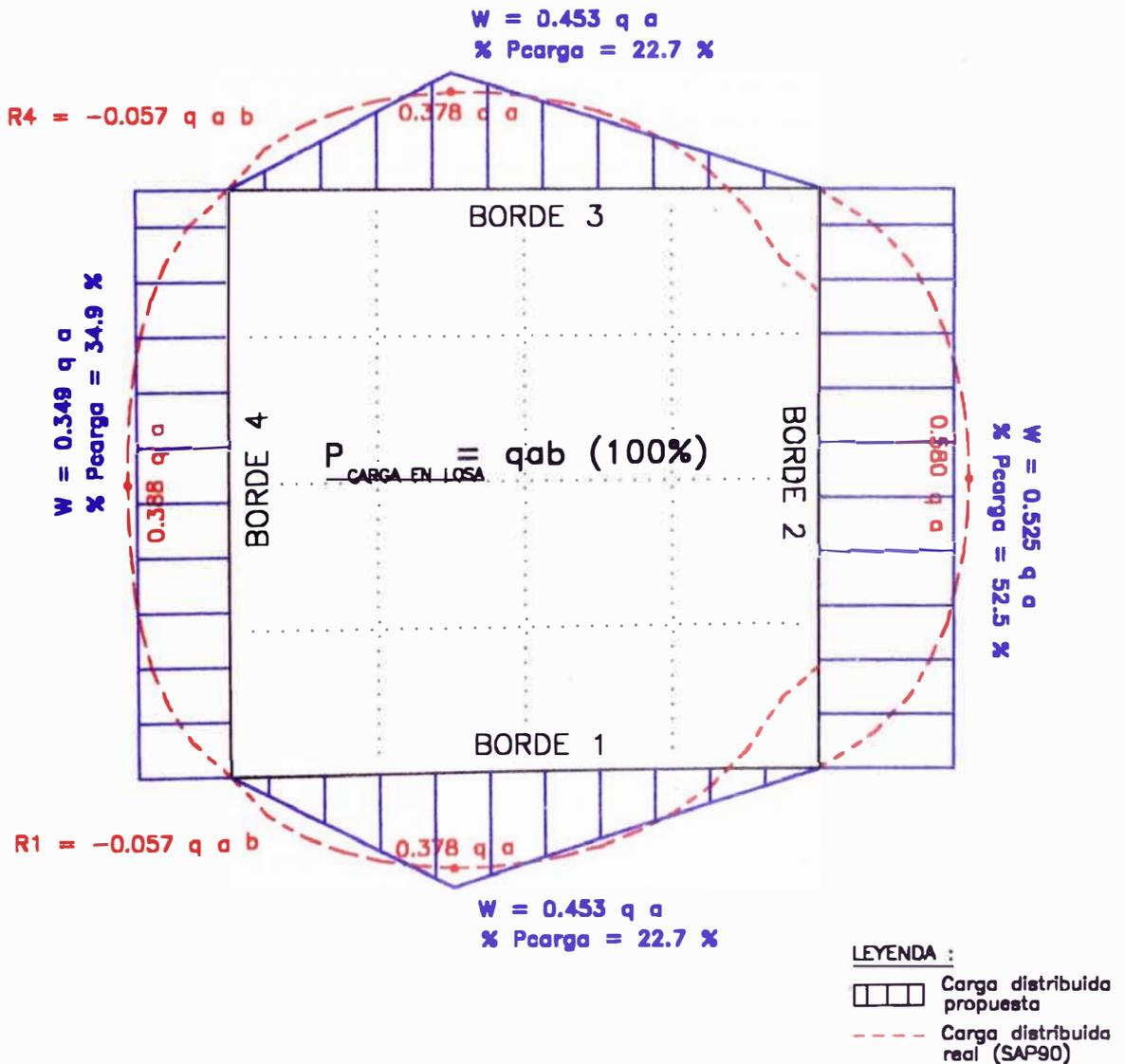
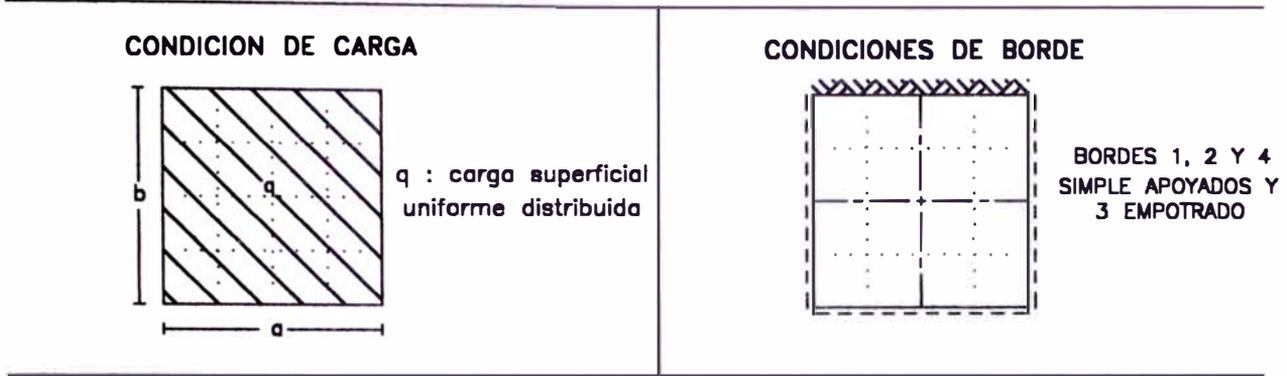


Gráfico 4.34. : CASO S1-14C – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA ($b/a = 1.0$)

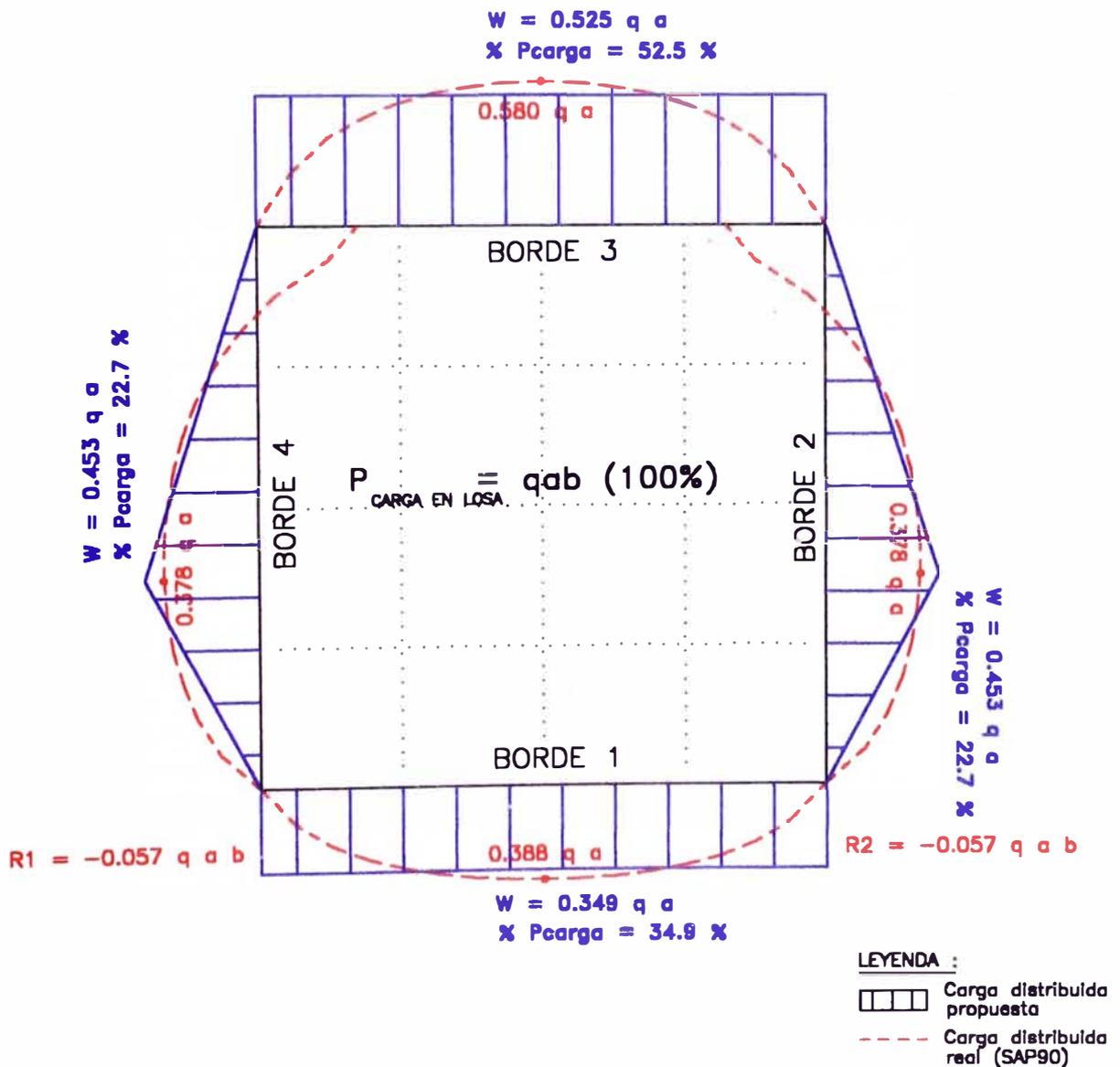
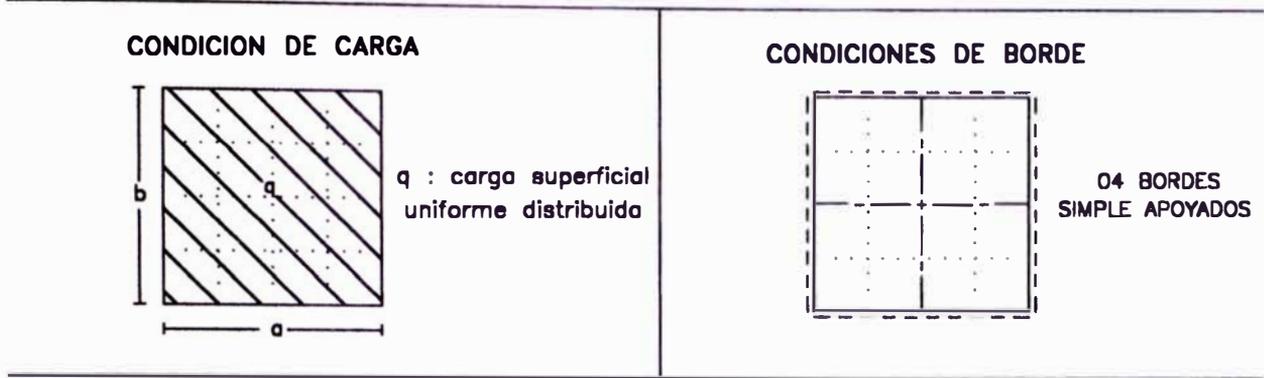


Gráfico 4.35. : CASO S1-15C – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA CUADRADA (b/a = 1.0)

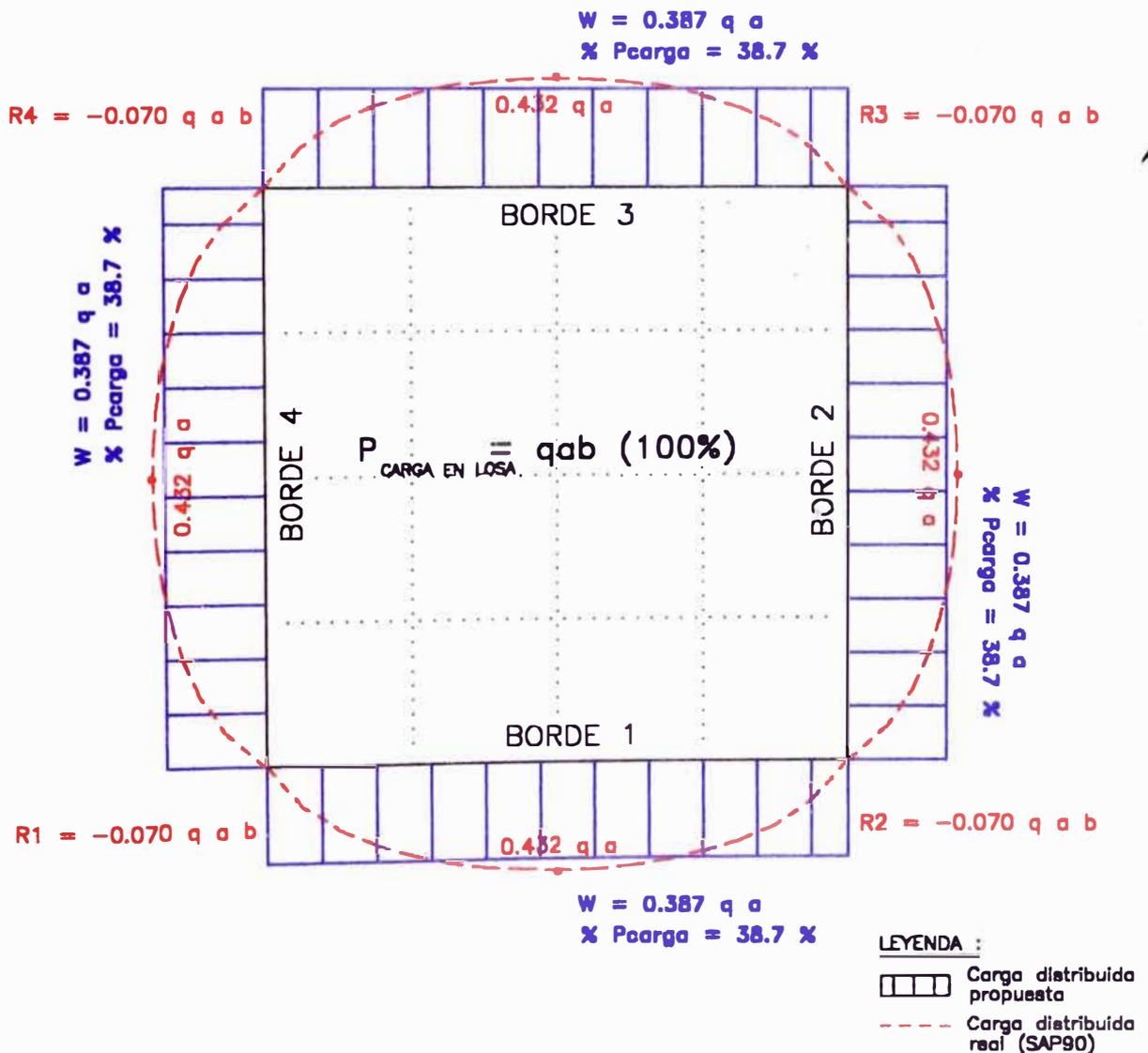
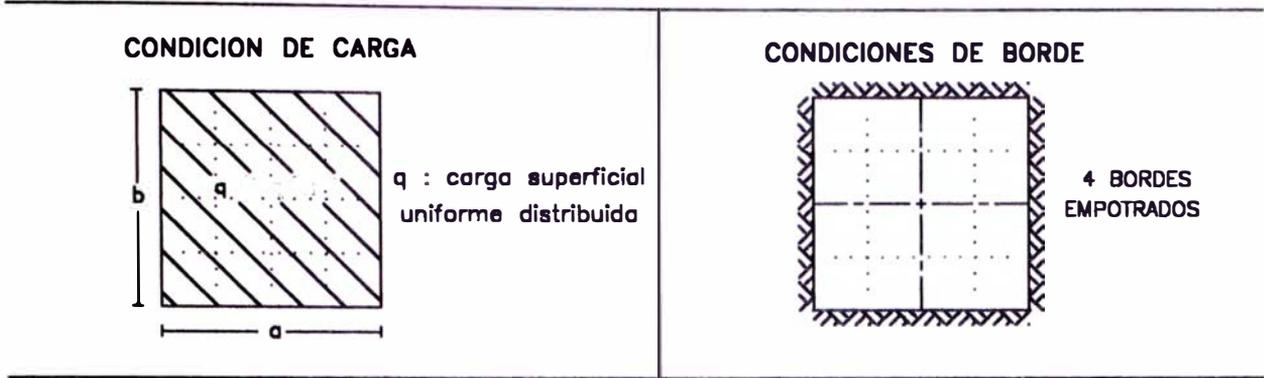


Gráfico 4.36. : CASO S1-16C – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

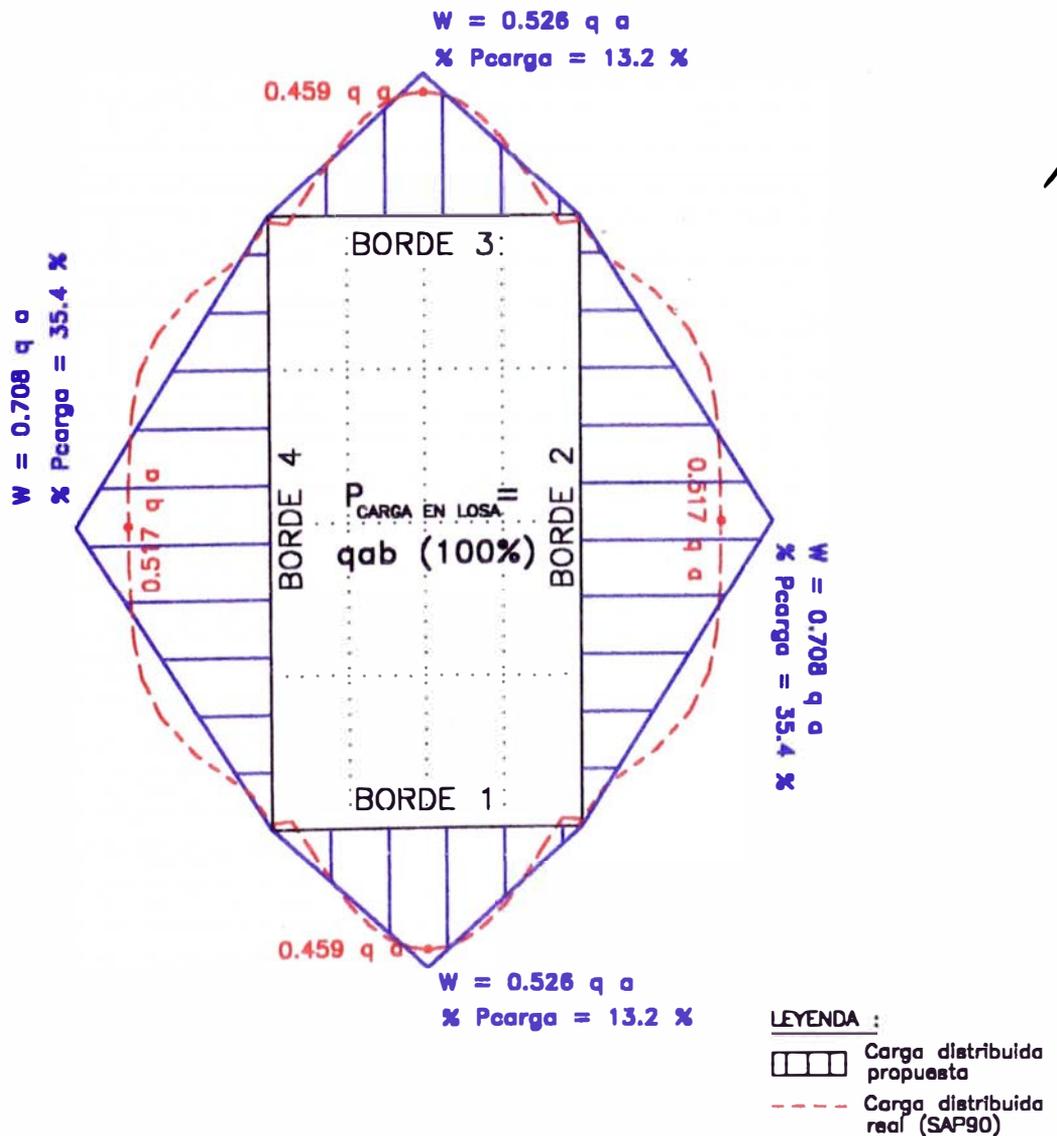
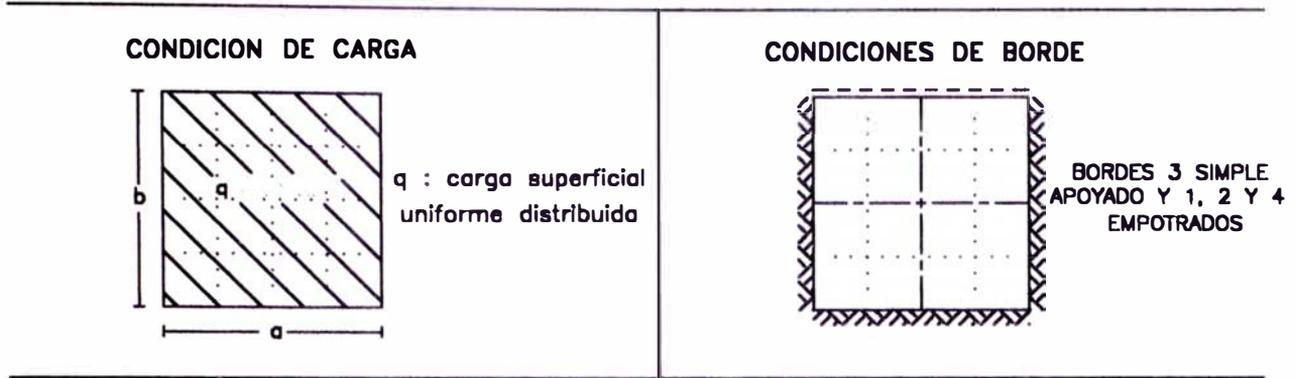


Gráfico 4.37. : CASO S1-01R – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

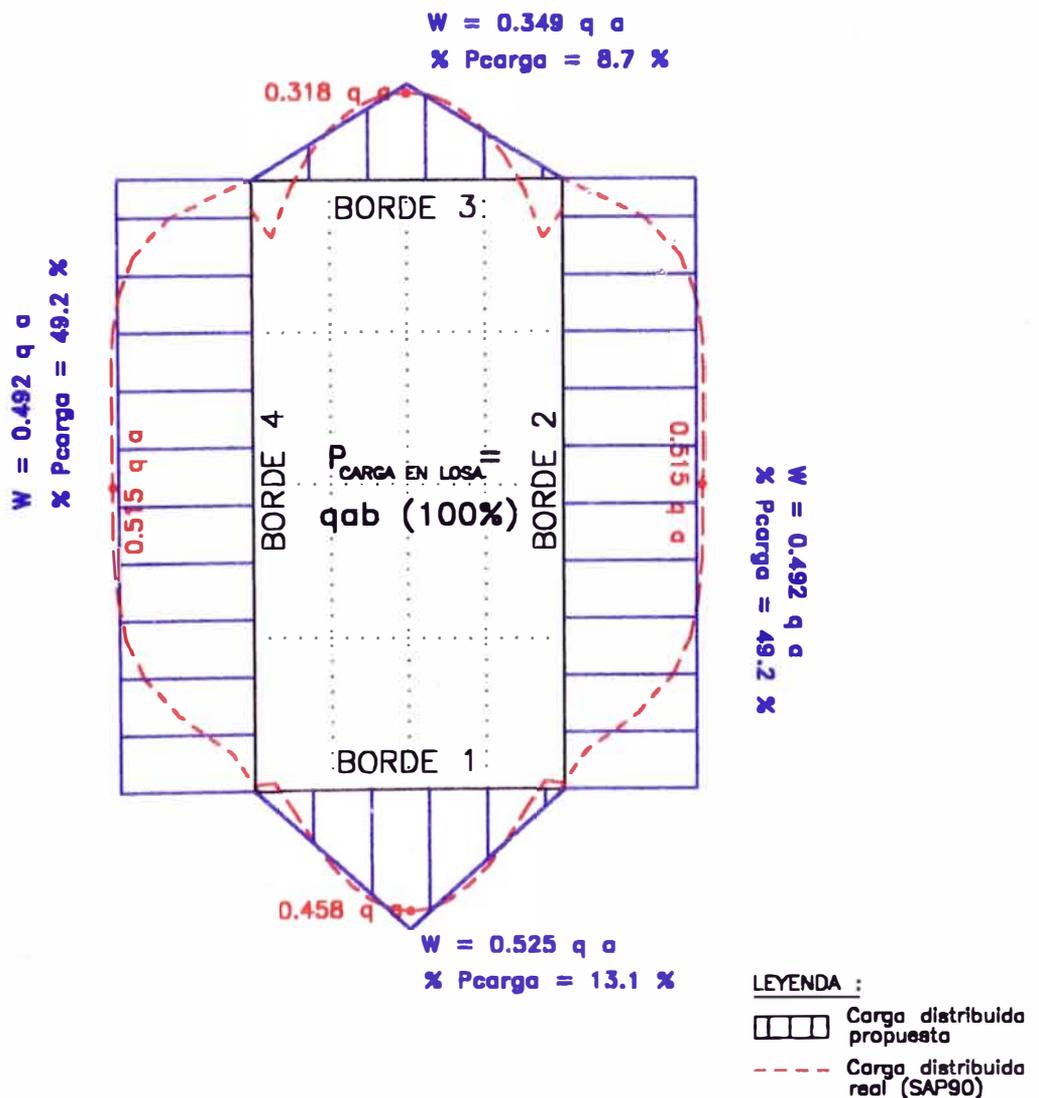
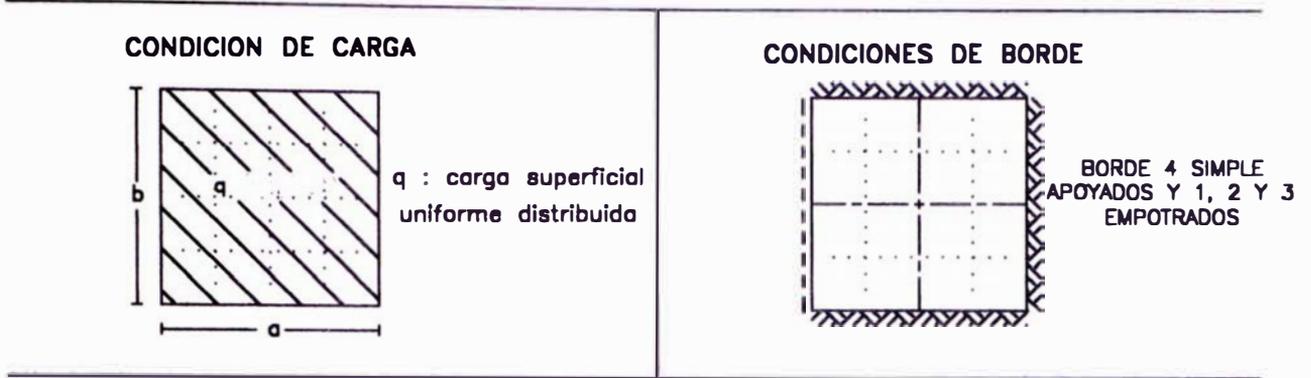


Gráfico 4.38. : CASO S1-04R – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área , a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

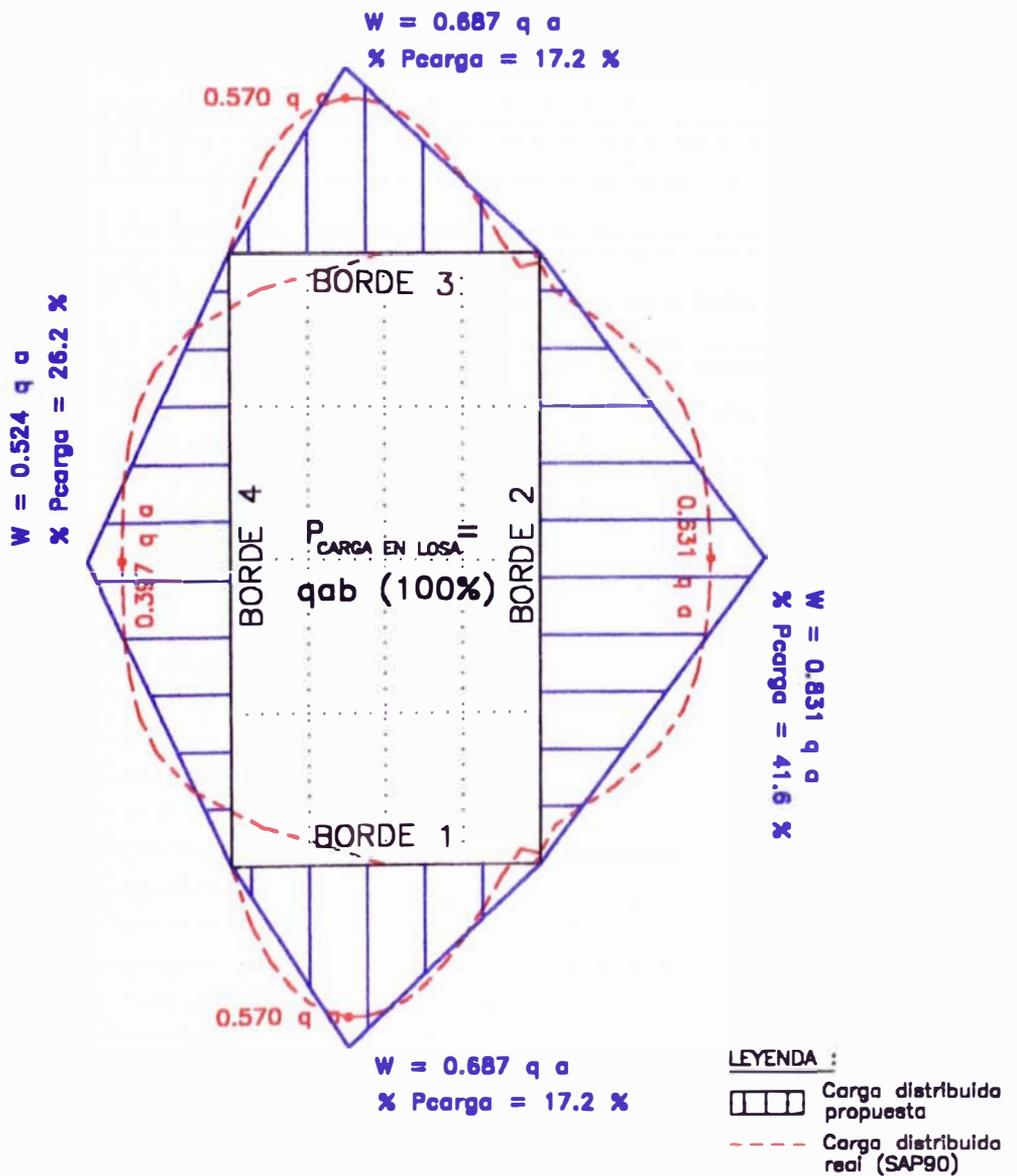
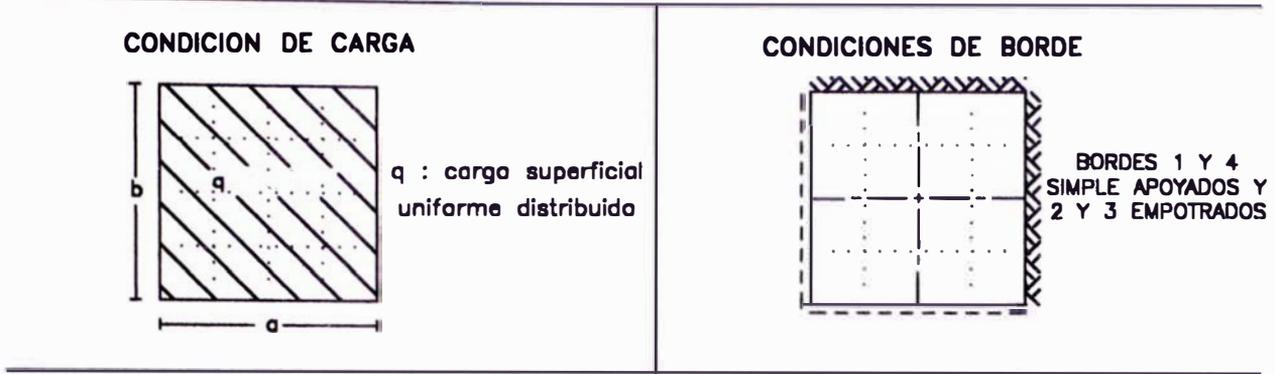


Gráfico 4.39. : CASO S1-05R – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área , a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR (b/a = 2.0)

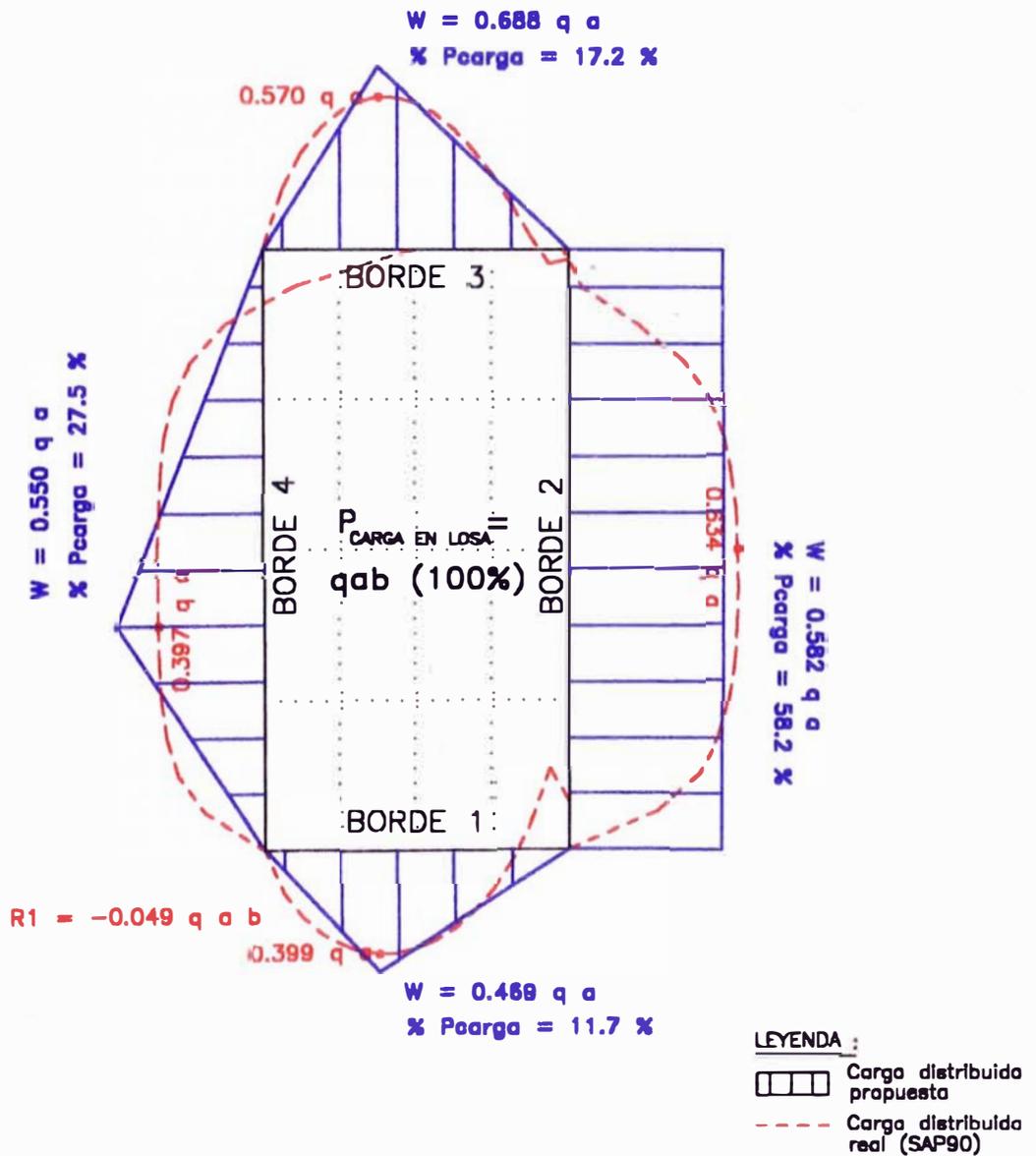
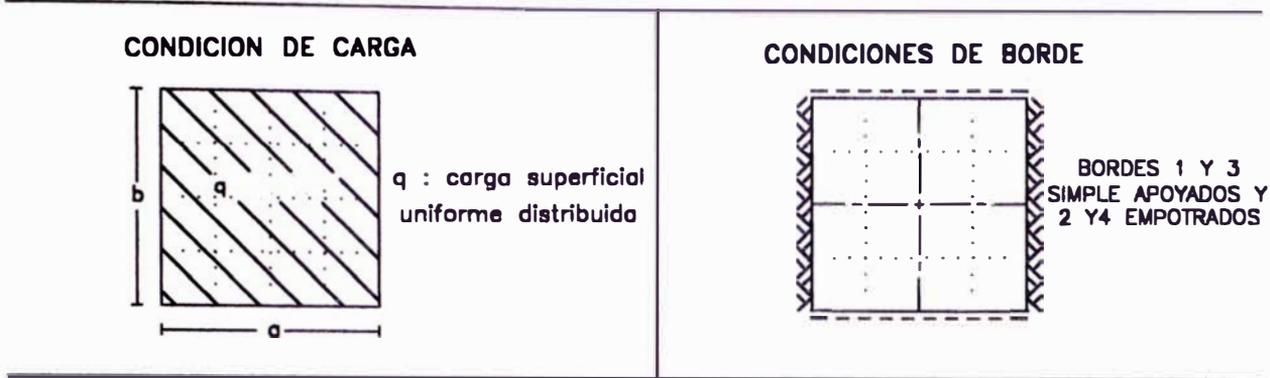


Gráfico 4.40. : CASO S1-09R – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área , a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR (b/a = 2.0)

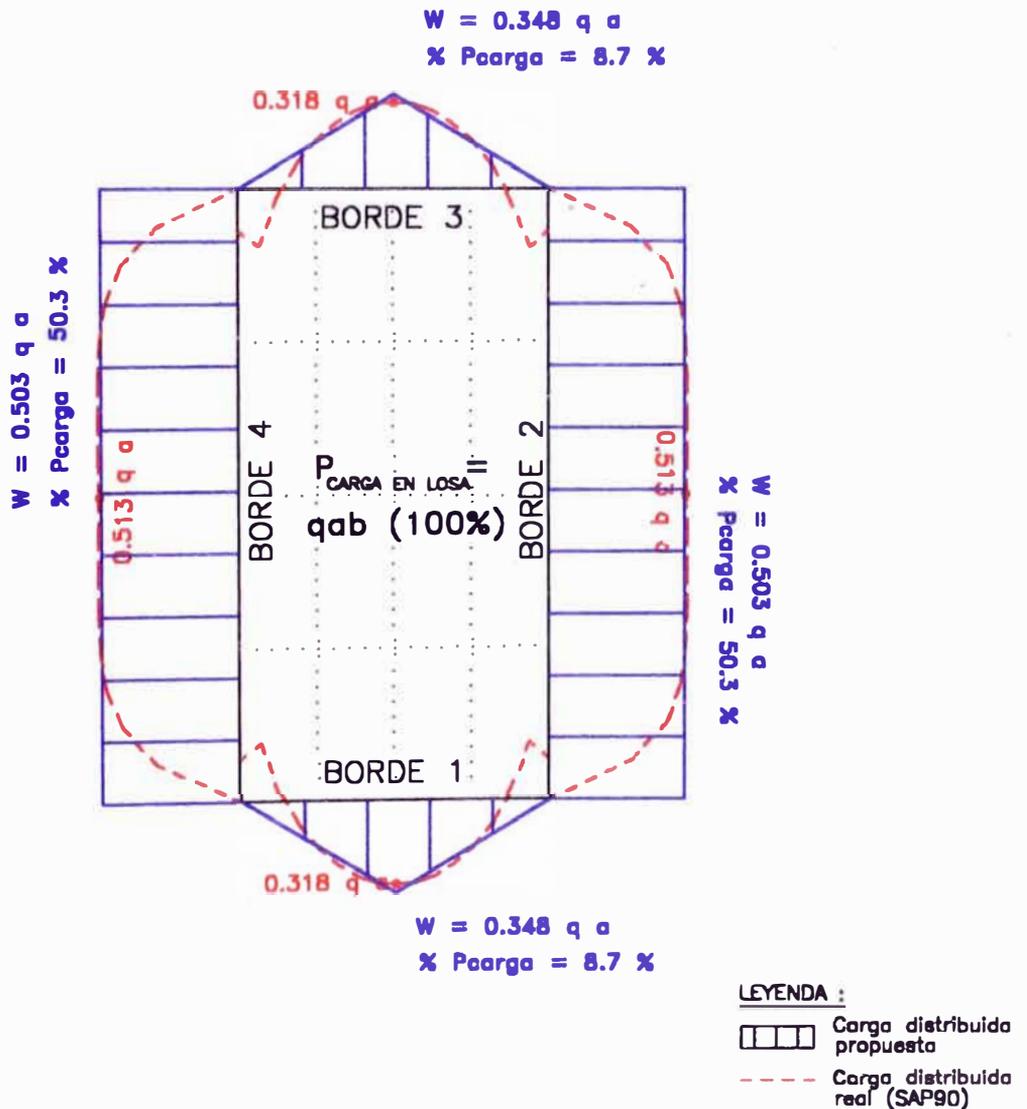
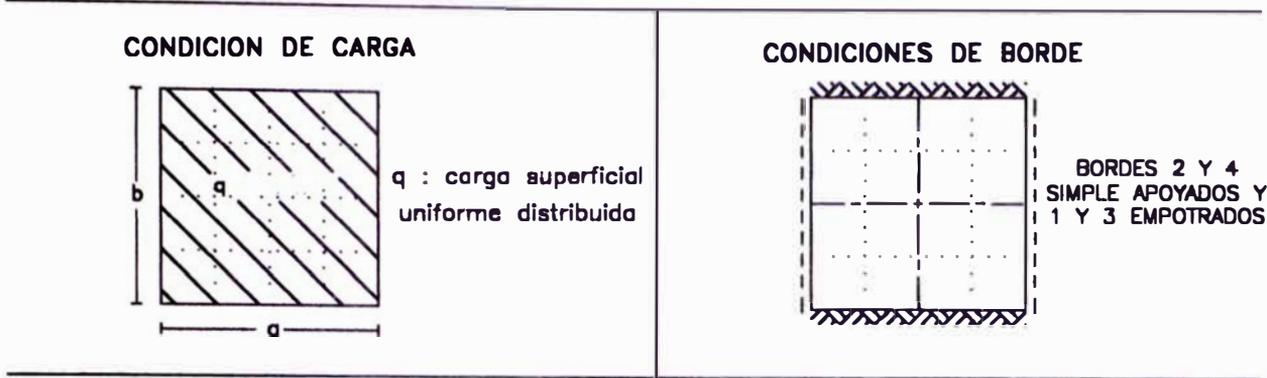


Gráfico 4.41. : CASO S1-10R – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

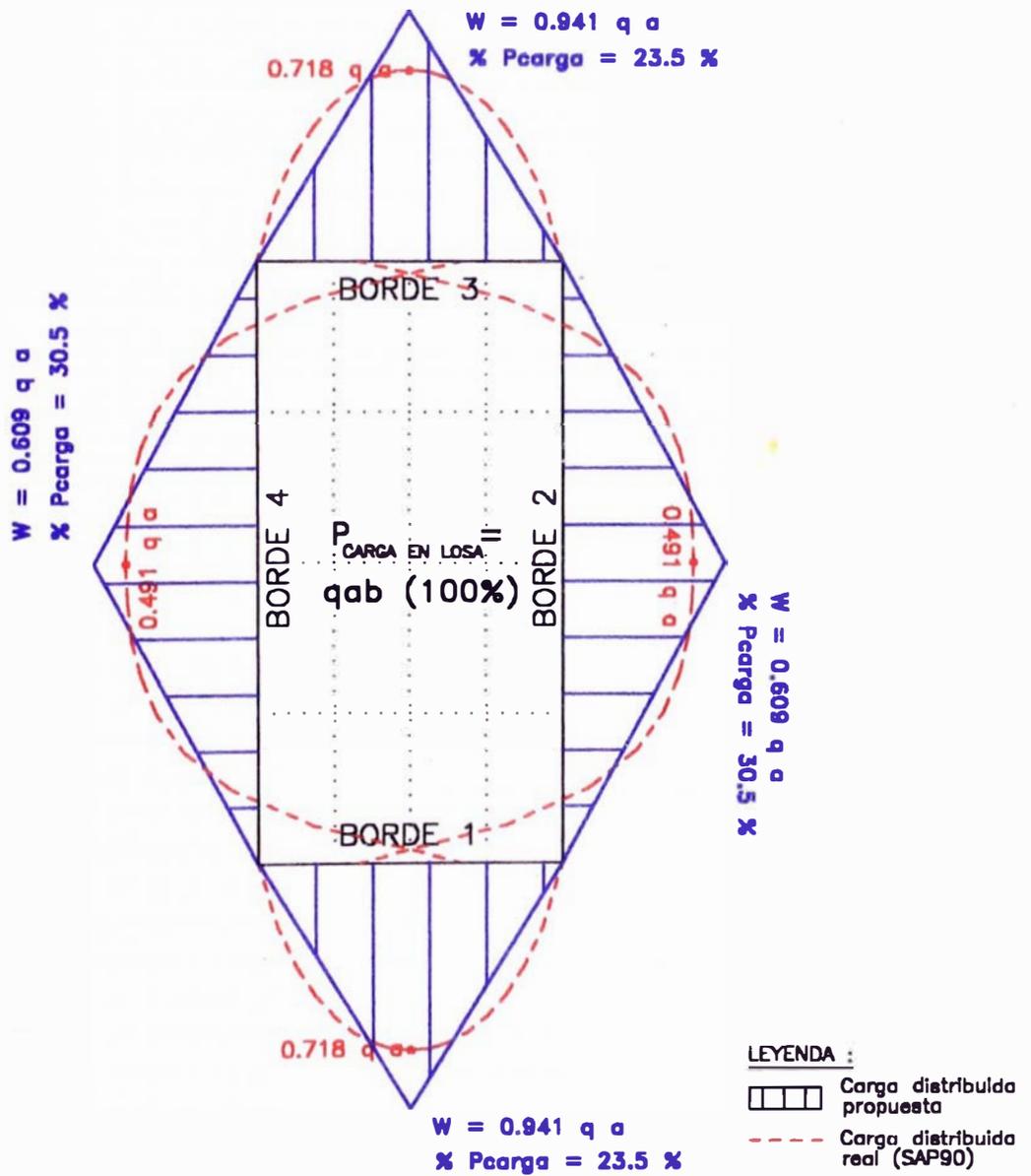
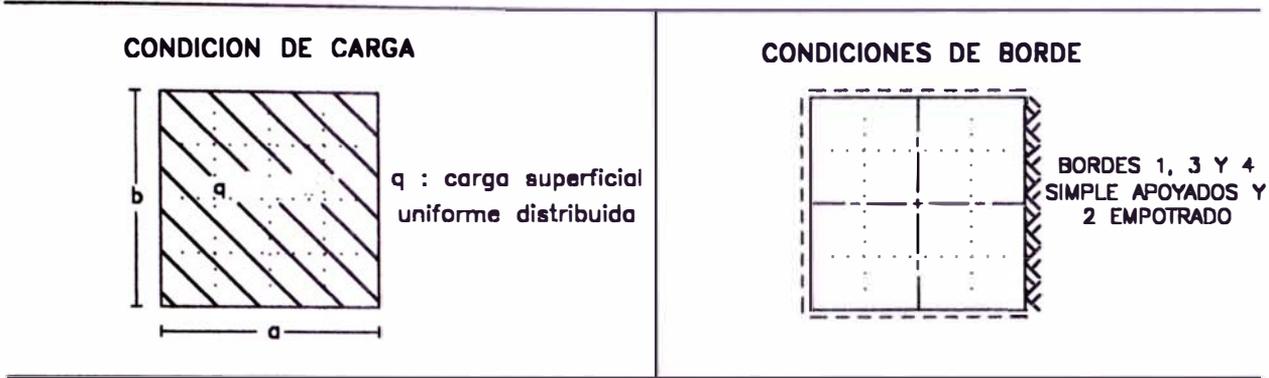


Gráfico 4.42. : CASO S1-11R – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área , a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

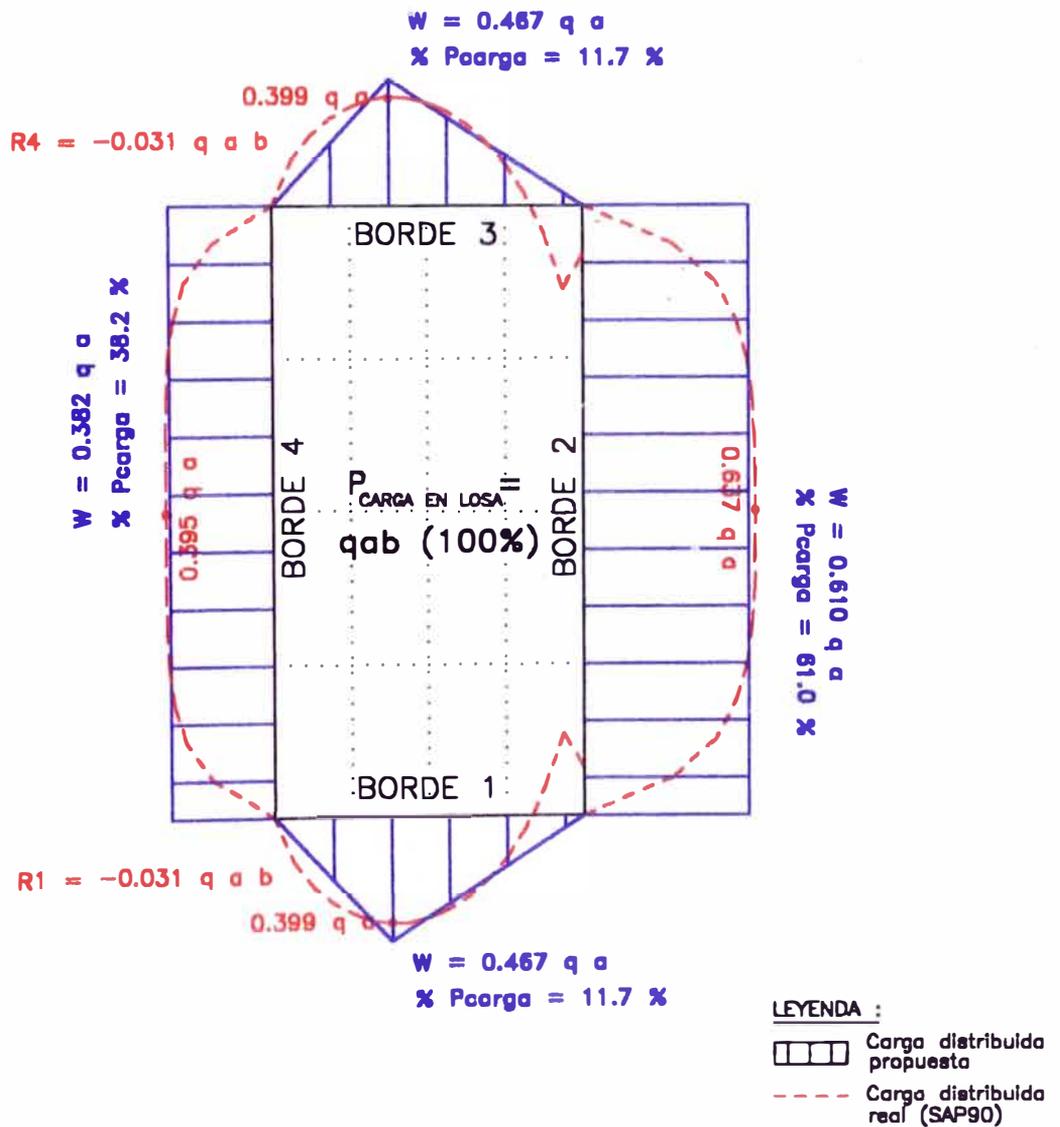
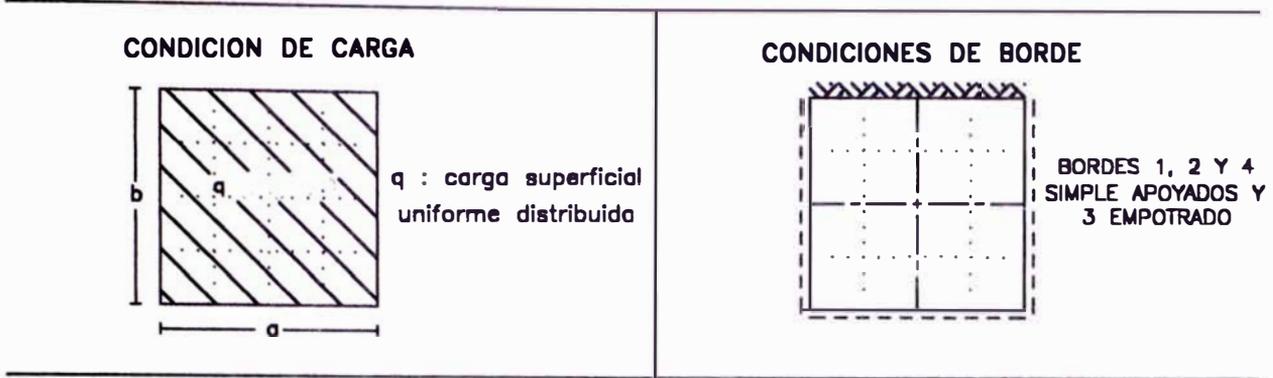


Gráfico 4.43. : CASO S1-14R – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR (b/a = 2.0)

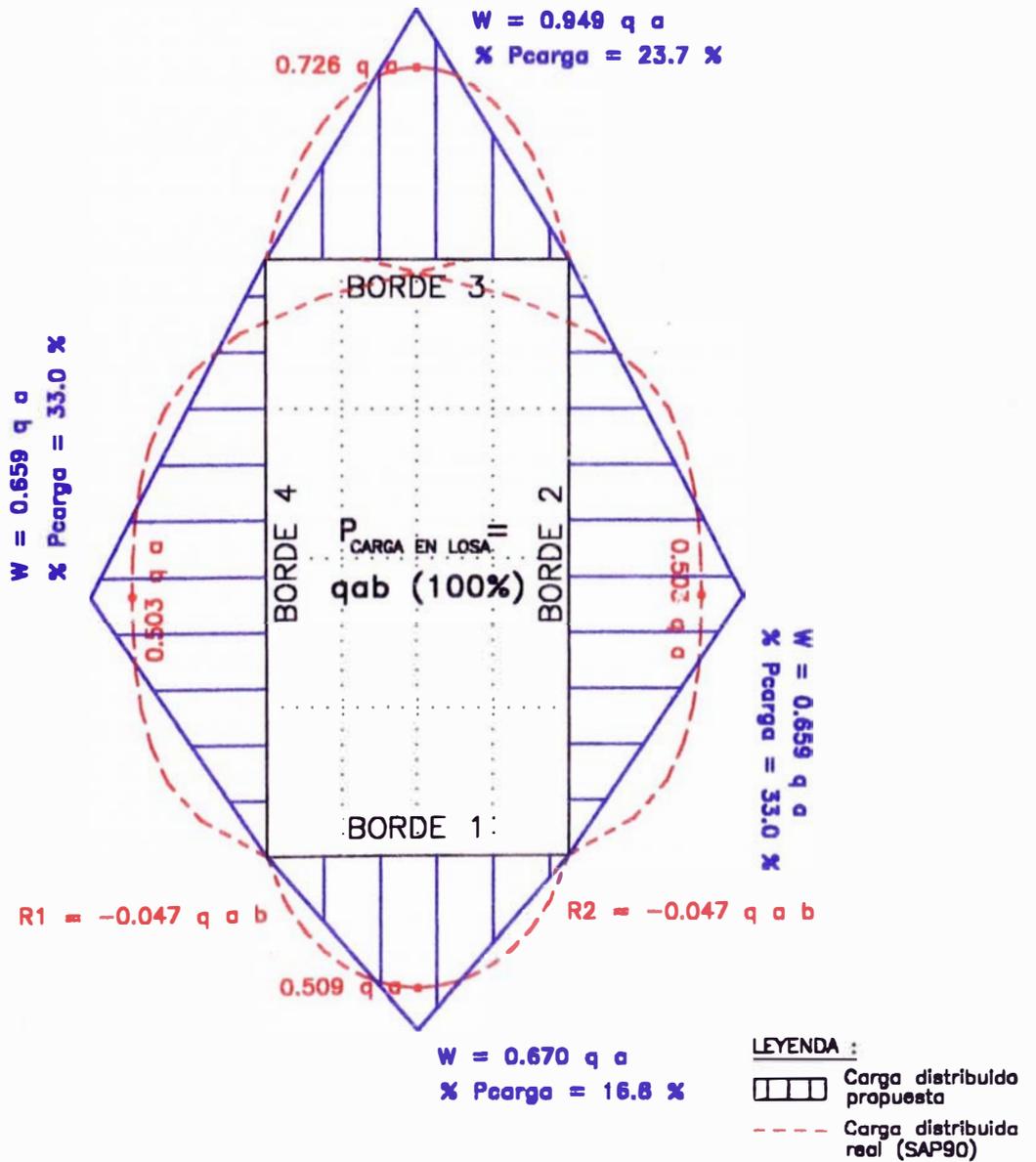
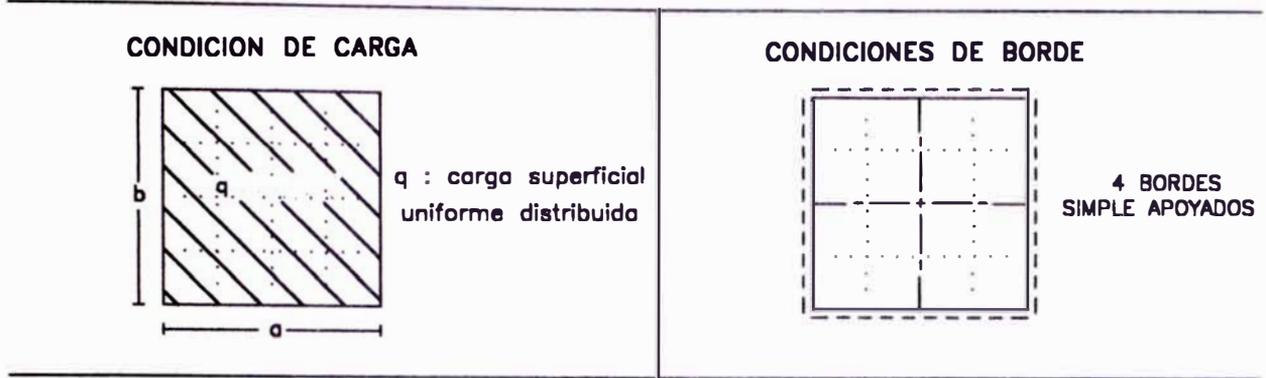


Gráfico 4.44. : CASO S1-15R – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área, a y b : en unidades de longitud



LOSA RECTANGULAR ($b/a = 2.0$)

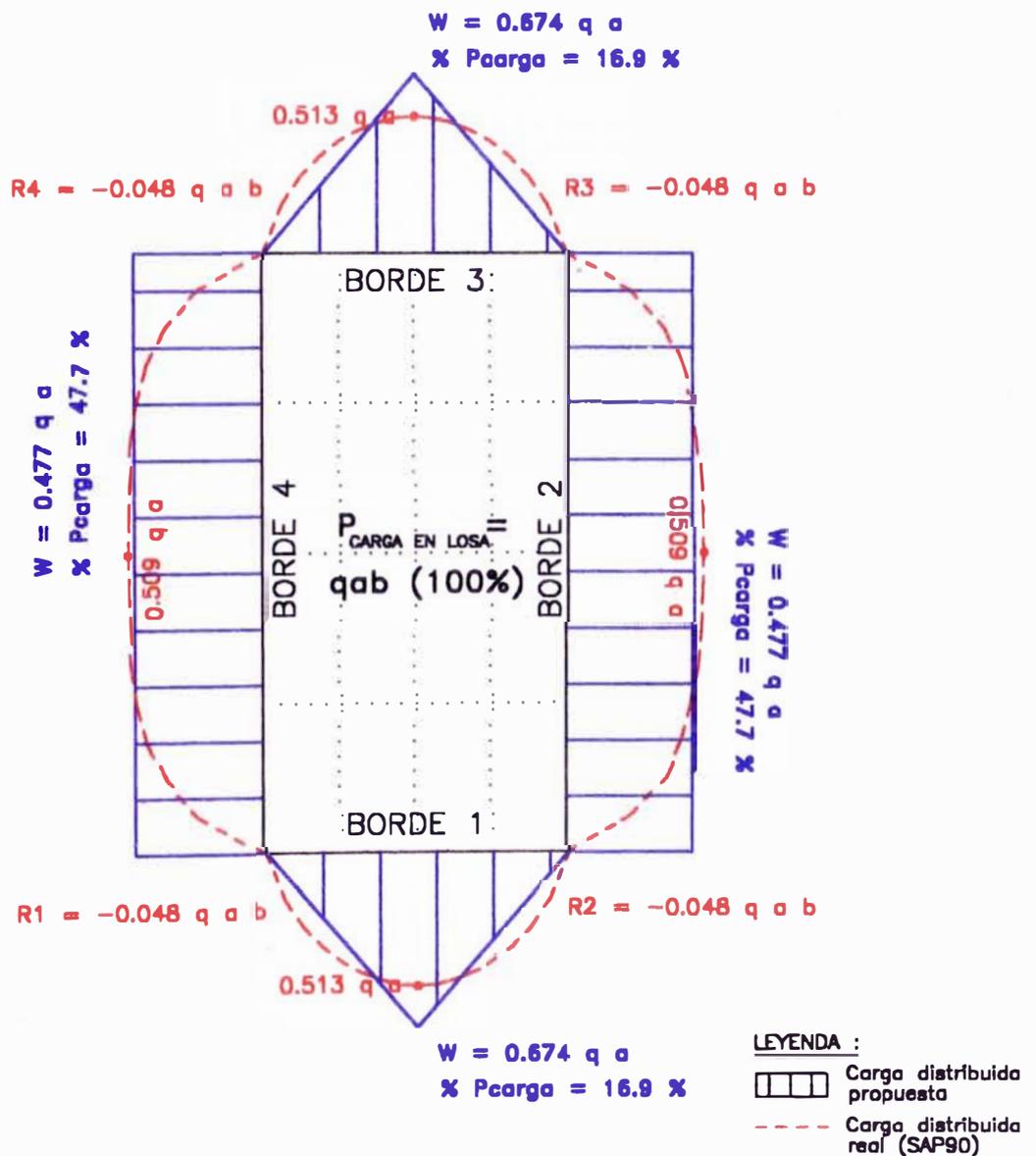


Gráfico 4.45. : CASO S1-16R – CARGAS DISTRIBUIDAS SUPERFICIALES. Carga distribuidas reales normalizadas, y mejor carga distribuida propuesta para cada borde (apoyo) de la losa. q en unidades de peso/área , a y b : en unidades de longitud

CAPITULO 5

Conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO

5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la presente investigación se considera losas (placas) delgadas con pequeñas flechas, y el análisis en el rango lineal elástico.

No se evalúa, ni se tiene en cuenta la capacidad resistente (por flexión y por corte) de la losa, pues no es el objetivo de la presente investigación; además en el proceso de análisis y diseño de una edificación, el análisis y diseño de losas se realiza previamente al análisis y diseño de los elementos resistentes verticales (pórticos y/o muros).

5.1. Conclusiones

GENERALES :

- La distribución de carga impuesta sobre una losa, hacia los apoyos (en el que el apoyo puede ser una viga que es parte de un pórtico que se requiere analizar) se realiza usualmente empleando un criterio convencional NO ADECUADO, el cual se basa en la asignación de áreas tributarias a cada borde, y no se toma en cuenta las condiciones de borde (empotrado o simplemente apoyado) de los lados del paño de losa analizado. Se justifica el incremento de la carga total a asignar a los bordes,

debido a que en las zonas cerca de las esquinas, se producen esfuerzos de tracción, y por equilibrio, los esfuerzos verticales de compresión en los apoyos (en la sumatoria de fuerzas verticales) deben anularlos.

- La distribución de las cargas impuestas sobre la losa hacia los apoyos, es grandemente influenciado si el borde (apoyo) de la losa es simplemente apoyado o empotrado. Entre dos bordes, uno simplemente apoyado y otro empotrado, que tienen igual área tributaria y ambos están influenciados en igual forma por la carga impuesta sobre la losa; es el borde empotrado el que toma mayor porcentaje de la carga total. Esto en realidad es una comprobación de la Teoría de las líneas de fluencia en losas, en el cual las líneas de falla de la losa, describen realmente el área tributaria (peso de la carga impuesta) que le corresponde a cada borde, sin considerar incremento de carga (relacionándolo con la presente investigación). Comparación de porcentajes de cargas asignados a los bordes, mediante la teoría de la línea de fluencia y el sistema de carga propuesto sin incremento de carga.

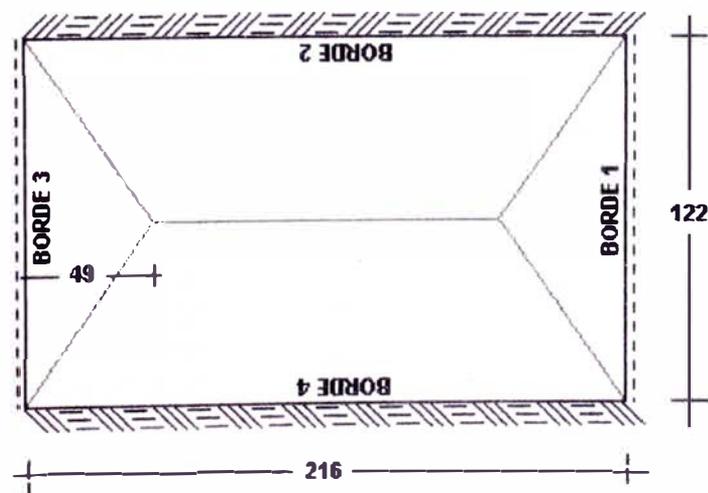


Fig. 5.1 : Teoría de la línea de fluencia. Losa rectangular con dos bordes opuestos empotrados y dos bordes simplemente apoyado, cargada uniformemente (tomado de la referencia bibliográfica 6). Dimensiones en unidades de centímetros. Identificación de los bordes corresponden a la condición de borde 10. Relación $b/a = 216/122 = 1.77$

Teoría de la línea de fluencia :

Bordes 1 y 3 :

$$\% P = \frac{122 \times 49}{216 \times 122} \times 100 = 11.3 \%$$

Bordes 2 y 4 :

$$\% P = \frac{216 \times 122 - \frac{122 \times 49}{2}}{216 \times 122} \times 100 = 38.7 \%$$

Sistema de carga propuesto.

Se eliminara el incremento de carga (sumatoria de % asignados mayor al 100%), manteniendo la proporcionalidad de los porcentajes asignados entre los bordes; luego se interpolara los valores obtenidos para una relación $b/a = 1.77$ que se pide. /

Borde 1 y 3 :

$$\% P_c = \frac{16.1}{2 \times 16.1 + 2 \times 39.2} \times 100 = 14.6 \% \quad \text{'tabla 3.S1-10C (b/a = 1.0)}$$

$$\% P_r = \frac{7.9}{2 \times 7.9 + 2 \times 44.1} \times 100 = 7.6 \% \quad \text{' tabla 3.S1-10R (b/a = 2.0)}$$

$$\% P = 14.6 + \frac{(7.6 - 14.6)}{(2.0 - 1.0)} \times (1.77 - 1.0) = 9.2 \%$$

Bordes 2 y 4 :

$$\% P_c = \frac{39.2}{2 \times 16.1 + 2 \times 39.2} \times 100 = 35.4 \% \quad \text{'tabla 3.S1-10C (b/a = 1.0)}$$

$$\% P_r = \frac{44.1}{2 \times 7.9 + 2 \times 44.1} \times 100 = 42.4 \% \quad \text{' tabla 3.S1-10R (b/a = 2.0)}$$

$$\% P = 35.4 + \frac{(42.4 - 35.4)}{(2.0 - 1.0)} \times (1.77 - 1.0) = 40.8 \%$$

Como se observa los valores de porcentajes de carga asignados a los bordes no resultan iguales, pero si valores cercanos.

Tabla 5.1. : Comparación de porcentajes de cargas asignados a los bordes, obtenidos mediante la teoría de la línea de fluencia y el sistema de carga propuesto (sin incremento de carga). Losa bajo una condición de borde 10 y una carga superficial uniformemente distribuido.

	Teoría de línea de fluencia	Sistema de carga propuesto
Borde 1 y 3	11.3 %	9.2 %
Borde 2 y 4	38.7 %	40.8 %

Esta diferencia entre los resultados, se debe a : En el sistema de carga propuesto se esta interpolando para una relación b/a intermedia, las líneas de falla (y porcentajes de carga asignados a los bordes) de la teoría de la línea de fluencia son aproximadas y fueron obtenidos experimentalmente a través del ensayo de una losa.

- Una losa rectangular simplemente apoyados en los 4 bordes, y bajo una carga transversal, producirá normalmente no solo reacciones repartidas (de compresión en el apoyo) en el contorno, sino también fuerzas concentradas (de tracción) en las esquinas. En una losa cuadrada uniformemente cargada, las esquinas en general tienen la tendencia a levantarse y ello esta contrarrestado por las reacciones concentradas en las esquinas.

En general la fuerza concentrada se da en las esquinas formado por la intersección de dos bordes simplemente apoyados, y disminuye (en términos relativos) a medida que la relación entre las dimensiones de la losa aumenta.

- Teóricamente una condición de empotramiento en un borde se establece cuando el giro en ese borde es nulo, y esto se da en el borde común entre dos paños de losa que están sometidos a iguales (o similares) condiciones de carga y las longitudes (transversales al borde) son aproximadamente iguales. Debido a que el peso propio, es por lo general la condición de carga más importante y significativa en una losa, la condición de empotramiento se considera en aquellos bordes en lo que existe continuidad con otros paños de losa, con las características descritas líneas arriba. En un borde simplemente apoyado no existe continuidad, por lo que se identifica a lo largo del perímetro de la losa.

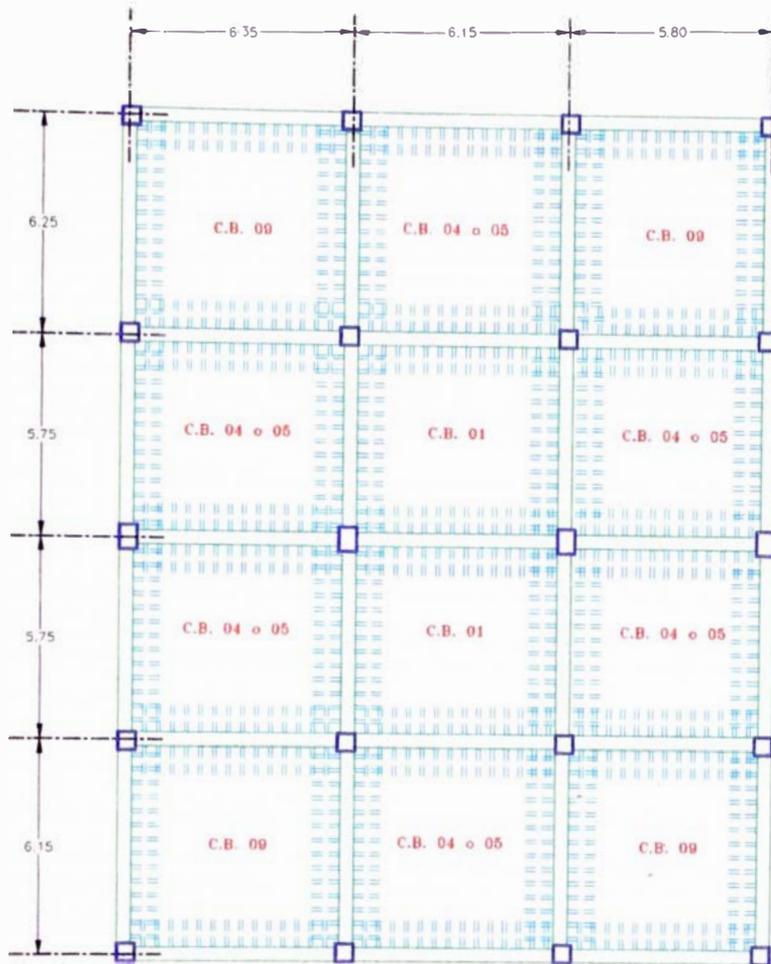


Fig. 5.2. : Identificación de los paños de losa (bidireccional) de acuerdo a las condiciones de borde, en un plano de losa de una edificación .

- Adicionalmente a las reacciones verticales de contorno que se transmiten de la losa hacia las vigas en la interacción losa – vigas de borde (sin excentricidad), es bien conocido que también producen momentos torsores en los bordes de apoyo, siendo este más importante en los bordes simplemente apoyados (bordes de paños no continuos).

En el análisis de un pórtico 3D (sin losa) con cargas equivalentes sobre las vigas, generalmente no se incluye el efecto de torsión sobre las vigas, principalmente porque, el valor de la torsión es pequeña (en comparación a los valores de momento flector), que si se incluyera se transmitiría como momento flector a los elementos transversales conectados en el extremo (viga y columna) alterando muy poco los diagramas de momentos flexores iniciales.

Los efectos por torsión sobre la viga, no llegan a ser tan importantes en la etapa de análisis, pero sí en el diseño (por torsión) de la viga. Precisamente para ello se presenta en tablas los diagramas de momentos flectores (junto a la distribución de reacciones verticales) en los ítems 3.2.3. y 3.2.4 del Capítulo 3, para las condiciones de carga analizadas y para bordes rígidos al desplazamiento vertical, los cuales pueden ser aplicados a bordes elásticos (vigas) con una buena aproximación.

- Importancia (sobre los esfuerzos) de la carga lineal (tabiquería) I1 respecto a la carga superficial S1 (peso propio).

La comparación se va a realizar entre los porcentajes de pesos que se asignan a los bordes.

Para una losa maciza : cuadrada de 6.50 x 6.50 m.

$$\text{espesor} = 0.20 \text{ m.} \quad \rightarrow \quad q = 2.40 \times 0.20$$

$$\rightarrow \quad q = 0.48 \text{ ton/m}^2$$

Para una tabiquería de albañilería hueca de arcilla :

$$\text{Altura} = 3.55 \text{ m}$$

$$\text{espesor} = 0.15 \text{ m.} \quad \rightarrow \quad q_{li} = 1.35 \times 0.15 \times 3.55$$

$$\rightarrow \quad q_{li} = 0.719 \text{ ton/ml.}$$

Considerando un paño de losa aislado (condición de borde 16).

El % de peso que le corresponde a los bordes 2 y 4 es :

Para la carga superficial S1 (Ver gráfico 4.36) :

$$0.387 \times 0.48 \times 6.50 \times 6.50 = 7.85 \text{ ton.}$$

Para la carga lineal I1 (Ver gráfico 4.9.) :

$$0.445 \times 0.719 \times 6.50 = 2.08 \text{ ton.}$$

De lo anterior se puede inferir que los esfuerzos (momento flector y fuerza cortante) en los bordes 2 y 4, para la condición de carga por peso propio (S1) y la condición de carga lineal (I1) están en la relación de $7.85/2.08 = 3.77/1$.

Se comprueba en este ejercicio (en lo que respecta a esfuerzos) que la condición de carga por peso propio es aproximadamente 3 veces mayor (y más importante) que la

condición de carga por tabiquería (lineal II) de ladrillo hueco de arcilla de espesor 0.15m., y altura 3.55 m.

RESPECTO AL SISTEMA DE CARGA PROPUESTO :

- Para una carga uniformemente distribuida sobre el paño de losa, es común asignar cargas uniformes sobre las vigas de apoyo (Ver fig.), aplicando las siguientes expresiones :

Borde 1 y 3 :

$$w = \frac{q \ s}{3} \left[\frac{3 - m^2}{2} \right]$$

Borde 2 y 4 :

$$w = \frac{q \ s}{3}$$

Donde : $m = b/a$ (lado menor/lado mayor)

s : lado menor

q : Carga superficial uniformemente distribuida

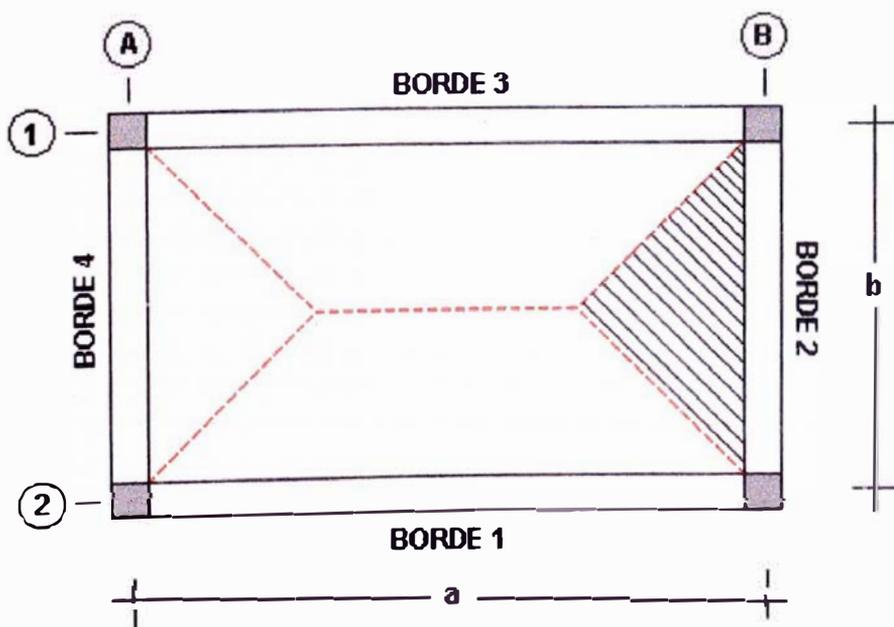


Fig. 5.3. : Distribución de cargas sobre los apoyos por área tributaria.

Para una losa cuadrada ($m = 1.0$) equivale a asignar a los bordes una carga uniforme de $0.333qs$; de acuerdo a la investigación realizada para una carga superficial S1 (considerando bordes rígidos al desplazamiento vertical), para la condición de borde 01 (4 bordes empotrados) le correspondería una carga uniforme de $0.353qa$ (Tabla 3.S1-01C) y para la condición de borde 16 (4 bordes simplemente apoyados) le correspondería una carga uniforme de $0.387qa$ (Tabla 3.S1-16C).

Para una losa rectangular ($m = 0.5$) equivale a asignar a los bordes 1 y 2, una carga uniforme de $0.458qs$ y $0.333qs$ respectivamente; de acuerdo a la investigación realizada, para la condición de borde 01 (4 bordes empotrados) les correspondería una carga uniforme de $0.476qa$ y $0.357qa$ respectivamente (Tabla 3.S1-01R) y para la condición de borde 16 (4 bordes simplemente apoyados) les correspondería una carga uniforme de $0.477qa$ y $0.455qa$ respectivamente (Tabla 3.S1-16R)

- Para la condición de carga lineal I1 analizado (para una losa cuadrada o rectangular), al comparar los bordes empotrado y simplemente apoyado paralelos a la carga lineal (bordes 1 y 3), al borde empotrado le corresponde entre 85.0 % a 122.0 % más de carga (varia de acuerdo a las condiciones de los otros 2 bordes) respecto a un borde simplemente apoyado ubicado en el lado opuesto (Ver Tabla 5.2.).

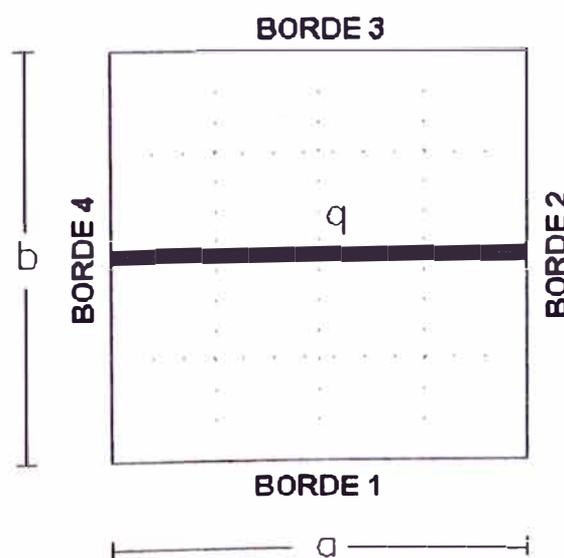


Fig. 5.4. : Condición de carga lineal I1, y ubicación de los bordes establecidos.

Tabla 5.2. : Porcentajes de cargas en compresión, que toma un borde empotrado respecto a un borde simplemente apoyado opuesto. Losa cuadrada y rectangular bajo la condición de carga lineal II analizado.

Condición de borde	Empotramiento		S. Apoyado		Relación de %
	Borde	%	Borde	%	
04C	1	16.2	3	7.3	2.22
04Rm	1	46.6	3	21.7	2.15
09C-1	3	27.0	1	13.8	1.96
09Rm-1	3	52.1	1	24.9	2.09
15C	3	40.2	1	21.7	1.85
15R	3	14.1	1	7.6	1.86
15Rm	3	57.6	1	28.0	2.06

Nota : Se toman los bordes opuestos, que tienen igual área tributaria y están influenciadas en igual forma por la carga impuesta sobre la losa.

Al comparar los bordes transversales a la carga lineal (bordes 2 y 4), al borde empotrado le corresponde entre 43.0 % a 62.0 % más de carga, respecto a un borde simplemente apoyado ubicado en el lado opuesto (Ver Tabla 5.3.).

Tabla 5.3. : Porcentajes de cargas en compresión, que toma un borde empotrado respecto a un borde simplemente apoyado opuesto. Losa cuadrada y rectangular bajo la condición de carga lineal II analizado.

Condición de borde	Empotramiento		S. Apoyado		Relación de %
	Borde	%	Borde	%	
05C	2	41.1	4	27.3	1.51
05R	2	61.2	4	38.6	1.59
05Rm	2	16.2	4	10.8	1.50
09C-2	2	48.8	4	32.5	1.50
09R-2	2	62.5	4	39.0	1.60
09Rm-2	2	20.7	4	14.0	1.48
14C	2	58.0	4	38.8	1.50
14R	2	63.8	4	39.4	1.62
14Rm	2	29.4	4	20.6	1.43

Nota : Se toman los bordes opuestos, que tienen igual área tributaria y están influenciadas en igual forma por la carga impuesta sobre la losa.

- Para la condición de carga superficial S1 analizado (para una losa cuadrada o rectangular), a un borde empotrado le corresponde entre 42.0 % a 63.0 % más de carga (varia de acuerdo a las condiciones de los otros 2 bordes), respecto a un borde simplemente apoyado opuesto (Ver Tabla 5.4.).

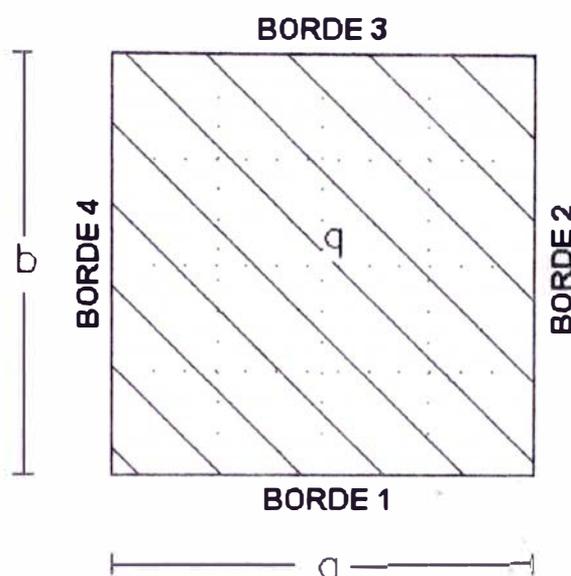


Fig. 5.5. : Condición de carga superficial S1, y ubicación de los bordes establecidos.

Tabla 5.4. : Porcentajes de cargas en compresión, que toma un borde empotrado respecto a un borde simplemente apoyado opuesto. Losa cuadrada y rectangular bajo la condición de carga superficial S1 analizado.

Condición de borde	Empotramiento		S. Apoyado		Relación de %
	Borde	%	Borde	%	
04C	1	25.8	3	16.0	1.61
04R	1	12.6	3	7.9	1.60
05R	2	42.8	4	26.3	1.63
09C	2	33.7	4	22.1	1.53
09R-1	2	47.7	4	29.9	1.60
09R-2	3	17.6	1	11.8	1.49
14C	2	43.2	4	29.2	1.48
14R	2	52.5	4	33.4	1.57
15R	3	26.2	1	18.5	1.42

Nota : Se toman los bordes opuestos, que tienen igual área tributaria y están influenciados en igual forma por la carga impuesta sobre la losa.

- En una losa rectangular o cuadrada, siempre existen esfuerzos de tracción (ya sea concentrada en la esquina o distribuida en la zona cercana a esta) por lo tanto para mantener el equilibrio, la sumatoria (integración) de los esfuerzos de compresión siempre son mayores al 100% de la carga impuesta sobre la losa. Esto se cumple tanto para bordes rígidos (muros), como para bordes elásticos (vigas).

Para las condiciones de carga analizado :

Tabla 5.5. : Sumatoria de los esfuerzos verticales de compresión (en % de la carga total) a lo largo de los 4 apoyos, para la condición de carga lineal I1 analizado.

Condición de borde	b/a = 1.0	b/a = 2.0	b/a = 0.4
01	111.2 %	103.9 %	105.2 %
04	114.7 %	103.6 %	109.7 %
05	117.7 %	109.1 %	107.3 %
09	122.1 %	108.2 %	111.7 %
10	118.4 %	103.2 %	118.0 %
11	124.6 %	119.9 %	109.5 %
14	127.0 %	107.3 %	120.4 %
15	130.2 %	118.7 %	113.7 %
16	137.4 %	117.3 %	122.7 %
Máximo	137.4 %	119.9 %	122.7 %
Mínimo	111.2 %	103.2 %	105.2 %

Tabla 5.6. : Sumatoria de los esfuerzos verticales de compresión (en % de la carga total) a lo largo de los 4 apoyos, para la condición de carga superficial S1 analizado.

Condición de borde	b/a = 1.0	b/a = 2.0
01	101.3 %	100.7 %
04	105.6 %	102.4 %
05	105.6 %	104.4 %
09	111.5 %	107.0 %
10	110.5 %	104.1 %
11	110.5 %	111.6 %
14	118.3 %	109.5 %
15	118.3 %	115.3 %
16	127.8 %	119.1 %
Máximo	127.8 %	119.1 %
Mínimo	101.3 %	100.7 %

En general se puede mencionar que para las condiciones de carga analizadas (lineal I1 y superficial S1), a medida que se incrementa el número de bordes simplemente apoyados, se incrementa también los esfuerzos verticales de compresión en los bordes (debido a un incremento de las fuerzas y/o esfuerzos de tracción en las zonas de esquinas).

- La combinación de bordes simplemente apoyado o empotrado, ubicados sin simetría (simetría respecto a planos verticales principales que pasan por el baricentro de la losa; condición de borde 09), inclusive para cargas ubicadas simétricamente, producen cargas distribuidas sesgadas en todos los bordes. Estas cargas distribuidas sesgadas a su vez producen longitudes mayores de las reacciones verticales de tracción (extendiéndose desde las esquinas hacia el centro del apoyo), produciendo una deformada de la losa con tendencia a levantarse justo en estas zonas.
- Los resultados obtenidos de cargas distribuidas sobre los apoyos (para los casos analizadas lineal I1 y superficial S1) nos permiten determinar los esfuerzos verticales máximos y su ubicación en losas apoyadas con condiciones rígidas de desplazamiento vertical (muros); asimismo se presentan (obtenidos a partir de estas cargas distribuidas reales en condiciones de borde rígida al desplazamiento vertical) cargas distribuidas propuestas para cada uno de los apoyos que puede ser aplicable conservadoramente a condiciones de borde elástico (vigas). Como se observa en el Item 2.3.6 del Capítulo 2, el valor máximo de reacción vertical en los bordes elásticos, es inferior a los valores obtenidos considerando los bordes como rígidos al desplazamiento vertical; Así mismo la forma de la curva de reacción vertical es más suavizada tendiendo a ser uniforme (a medida que la rigidez de la viga disminuye), esto produce menos zonas en tracción en los apoyos, y por lo tanto el incremento de la carga total a distribuir hacia los bordes es menor.

Puede esperarse que las vigas de bordes sean suficientemente flexibles que no produzca esfuerzos verticales de tracción, en cuyo caso los esfuerzos verticales de compresión son más uniformes y se extienden hasta los apoyos; por lo tanto el incremento de la carga a asignar hacia los bordes, en este caso debe ser cero.

- No sería práctico proponer cargas distribuidas para todas las distribuciones de cargas posibles sobre la losa, ya que para condiciones de carga asimétricas, las distribuciones de reacciones en los contornos de los apoyos es más irregular; Además con la exigencia de la especialización en nuestros días y con el avance de la tecnología de las computadoras, será menos complicado y usual el análisis tridimensional que incluya la interacción losa – vigas o muros de apoyo, para cualquier condición de carga.
- Los valores y tipos de carga para el sistema de carga propuesto están directamente relacionados con los valores de porcentajes de carga que le corresponde a cada borde en la asignación de cargas, por lo que si se desea variar el porcentaje de incremento de carga (mayor al 100%, que es la carga impuesta) para un caso determinado, se sugiere hacerlo manteniendo las relaciones de porcentajes entre los bordes.
- Los tipos de carga presentados para el sistema de carga propuesto, son los más óptimos para cada borde; pero puede seleccionarse otro tipo de carga (de las tablas de “Análisis y selección de la mejor carga distribuida equivalente a la distribución de reacciones sobre apoyos de losas bidireccionales”; Item 3.3.4 y 3.3.5), más conveniente (por ejemplo carga distribuidas uniformes) con la condición de presentar un valor de R alto (mayor de 0.90) y un % de carga no tan diferenciado del real.
- Los valores para las cargas propuestas, obtenidas para losas cuadradas ($b/a = 1.0$), y rectangulares ($b/a = 2.0$, $b/a = 0.4$), pueden interpolarse para valores de b/a intermedios, obteniéndose valores razonables de cargas distribuidas equivalentes a los reales. Esta interpolación de valores debe realizarse entre tipos de cargas distribuidas que sean compatibles.

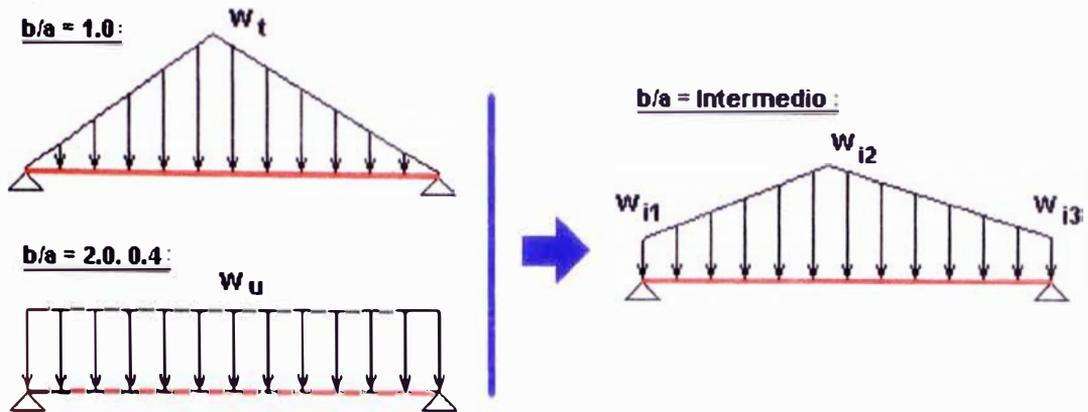
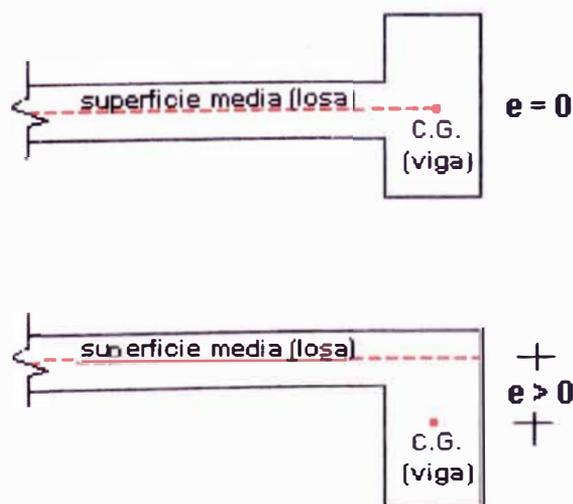


Fig. 5.6. : Interpolación de valores de carga entre dos cargas distribuidas compatibles en un borde determinado, para un valor de b/a intermedio.

EFECTO DE LA EXCENTRICIDAD LOSA – VIGAS DE BORDE :

Usualmente en el análisis de losas ignoramos la EXCENTRICIDAD LOSA – VIGAS DE BORDE, (a menos que las vigas de borde sean chatas) entre la superficie media de la losa y el eje de las vigas de borde.

Esta simplificación en el análisis de ignorar esta excentricidad, hace que se subestime la rigidez de la losa, produciendo en la losa niveles de esfuerzos mayores a los reales.



Un análisis considerando la excentricidad losa – vigas de borde, se manifiesta en las vigas produciendo :

- Esfuerzos axiales (principalmente de tracción) con una distribución variable a lo largo de la viga.
- Esfuerzos de corte y momento flector en el eje local paralelo al plano vertical.
- Esfuerzos de corte y momento flector en el eje local paralelo al plano horizontal.
- Esfuerzos por momentos torsores a lo largo del eje baricentrico de la viga.

En la losa se manifiesta :

- Comportamiento de membrana de la losa, en la franja cercana a las vigas de borde; produciendo un efecto sobre el comportamiento a flexión de la viga.
- Niveles de esfuerzos por momento flector, menores a los obtenidos en un análisis que no considere excentricidad; esto debido a la mayor rigidez al giro de los bordes por efecto de la excentricidad.

Por lo tanto, tratando de explicar el efecto de la excentricidad, en el sistema de carga propuesto aplicado en losas con apoyos elásticos (vigas), podría agregarse lo siguiente :

- El incremento de la carga a distribuir hacia los bordes, compensa los esfuerzos adicionales que se producen en la viga (esfuerzos de corte y momento flector en el eje local paralelo al plano horizontal, esfuerzos axiales mayores). Estos incrementos de carga (como ya se menciono anteriormente) se dan en mayor medida en paños con mayor numero de bordes simplemente apoyados (no continuos), en los cuales justamente el efecto de la excentricidad losa – vigas de borde es mayor.

5.2. Recomendaciones

De manera general :

- En la asignación de cargas (impuestas sobre una losa bidireccional) hacia los apoyos, dar un porcentaje mayor a los bordes empotrados de los que usualmente le correspondería con una asignación convencional.
- Un paño de losa aislado (apoyado en muros de albañilería o vigas), corresponde a la condición de borde 16, y por lo tanto debe asignarse a los bordes, el mayor incremento de la carga total.
- Un paño de losa interior, corresponde a la condición de borde 01, y por lo tanto debe asignarse a los bordes, el menor incremento de la carga total.
- El presente trabajo se centra en losas con bordes rígidos al desplazamiento vertical, en los cuales los resultados se extienden a losas con apoyos (bordes) elásticos, resultando en algunos casos ser muy conservadores (principalmente cuando el incremento de carga es mayor); por lo tanto es recomendable continuar la presente investigación tratando de centrarse en losas con bordes elásticos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- “Teoría de Placas y Láminas”
S. Timoshenko, S. Woinowsky - Krieger
Ed. URMO, Bilbao
1975
- 2.- “El Método de los Elementos Finitos”
O.C. Zienkiewicz, R. L. Taylor
McGraw - Hill, Barcelona
4ª edición
1994
- 3.- “Losas de Concreto Reforzado”
Park R., Gamble W.L.
Ed. Limusa, México
1994
- 4.- “Guide of Structural Analysis Programs SAP90”
Edward L. Wilson, Ashraf Habibullah
Computers & Structures Inc., California
1990
- 5.- “Evaluation of a New Quadrilateral Thin Plates Bending Element”
Jean – Loius Batoz, Mabrouk Ben Tahar
International Journal for Numerical Methods in Engineering
Vol. 18, 1655-1677
John Wilet & Sons. New York
1982
- 6.- “Análisis de Losas Continuas”
Chavez Mauricio
UNI – FIC, TP/3746
1998

APENDICE A

Determinación de indicadores estadísticos

R (confiabilidad) y C (cobertura)

APENDICE

A

Determinación de indicadores estadísticos R y C

INTRODUCCION

Uno de los objetivos importantes de esta investigación es el análisis, evaluación e investigación teórica de cargas equivalentes a las reales en vigas (tanto para reacciones en los apoyos de losas; como para análisis de vigas con cargas de tabiquería, apéndice B), y la comparación entre estas dos cargas (reales y propuesta), se realiza con los valores de esfuerzo de momento de flexión y fuerza cortante a lo largo de la viga.

¿Pero que tan convenientes y confiables son las cargas propuestas para cada caso analizado?

Tratando de responder esta pregunta se investigó estadísticamente tratando de encontrar alguna fórmula que compare el grado de coincidencia entre dos curvas, llegándose a definir indicadores apropiados para la presente investigación.

OBJETIVO

- Determinación de dos indicadores estadísticos; grado de coincidencia y confiabilidad entre dos curvas (esfuerzos debidos a la carga real y carga propuesta).

INDICADORES ESTADÍSTICOS DEFINIDOS PARA LA PRESENTE INVESTIGACIÓN

Grado de confiabilidad R

Es el grado de aproximación de una curva de esfuerzo obtenida por una carga propuesta, respecto a una curva de esfuerzo por una carga real.

La medición se realiza a través del cálculo de áreas en las curvas de esfuerzo.

Fórmula :

$$R = 1 - SDE/SE$$

Donde :

SDE : Area de error entre las curvas (diferencia entre las curvas de esfuerzo por carga propuesta y carga real)

SE : Area de la curva de tomado como referencia (esfuerzo por carga real), y es el área comprendida entre la curva y el eje de las abscisas (eje X)

Grado de Error (E); entre las dos curvas de esfuerzos producidos por la carga propuesta respecto a la carga real :

$$E = SDE/SE$$

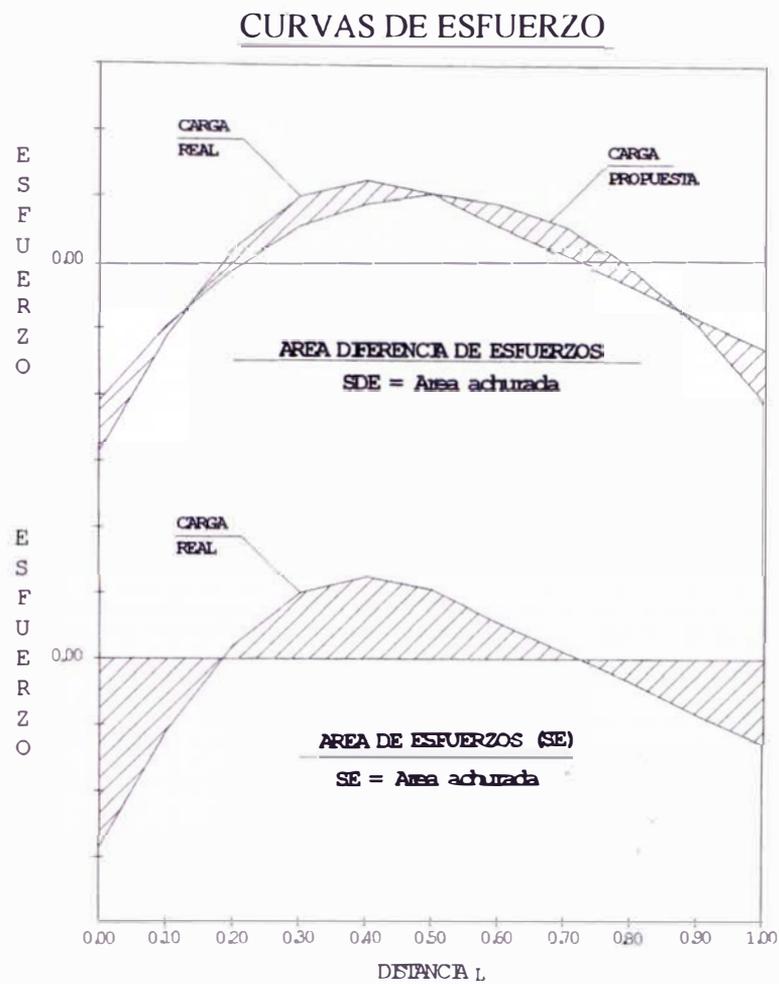


Fig. A.1. : Definición gráfica del grado de confiabilidad R

Grado de cobertura C

Se puede considerar como un grado de seguridad, en el que se establece que porción de la curva de esfuerzo debido a la carga real, se encuentra cubierto por la curva de esfuerzo debido a la carga propuesta.

La medición se realiza a través del cálculo de áreas en las curvas de esfuerzos.

Fórmula :

$$C = 1 - SDEnc/SE$$

Donde :

SDEnc : Area de error no cubierto de las curvas de esfuerzos; y es la diferencia no cubierta entre las curvas de esfuerzo por carga propuesta sobre la carga real; esta área es la suma de porciones de área que cumple la siguiente condición (cobertura de la curva de carga propuesta sobre la curva de carga real) :

Si : $(ECR * ECP > 0)$ y $(| ECR | > | ECP |)$ >> área comprendida entre las dos curvas de esfuerzos,

Si : $(ECR * ECP > 0)$ y $(| ECR | < | ECP |)$ >> área 0 (cero), y

Si : $(ECR * ECP < 0)$ >> área comprendida entre la curva de esfuerzo debido a la carga real y el eje de las abscisas (eje X)

ECR : Esfuerzo debido a la carga real

ECP : Esfuerzo debido a la carga propuesta

SE : Area de la curva de esfuerzo por carga real, y esta comprendida entre la curva de esfuerzo por la carga real y el eje de las abscisas (eje X)

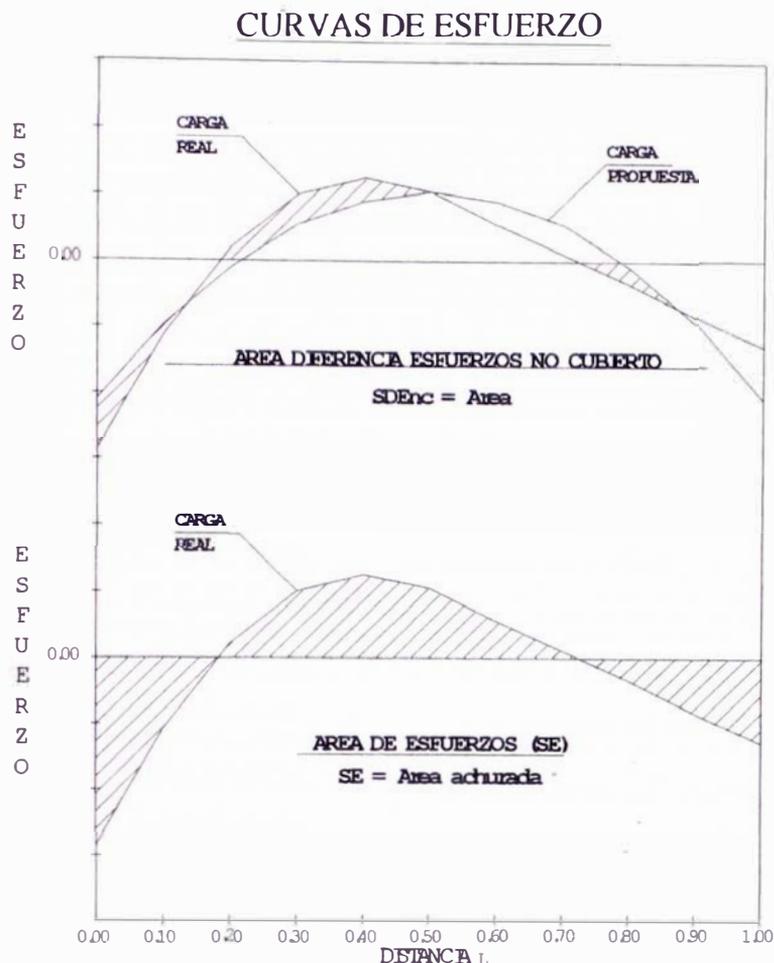


Fig. A.2. : Definición gráfica del grado de cobertura C

Diferencia entre el Grado de coincidencia (R) y el grado de cobertura (C)

- De acuerdo a la definición de SD_{Enc} (Diferencia no cubierta por la curva de carga propuesta sobre la curva de carga real); esta área que define a este indicador puede tomar los siguientes valores máximos :

0 (cero) La curva de la carga propuesta cubre íntegramente a la curva de carga real, por lo tanto no hay área de diferencia de esfuerzos no cubierta.

>> Por lo tanto : $C = 1.00$

SDE La curva de la carga propuesta se encuentra íntegramente por debajo de la curva de la carga real (o se encuentra entre la curva de la carga real y el eje X).

>> Por lo tanto : $C = R$

De acuerdo a esto; en la comparación de dos curvas (una curva de esfuerzos debido a una carga propuesta respecto a una curva de esfuerzos debido a la carga real), el grado de cobertura tiene los siguientes límites :

$$R < C < 1.00$$

- En la comparación de dos curvas por medio de los indicadores estadísticos R y C, se puede dar los siguientes casos :

Una curva de esfuerzo debido a una carga propuesta que tiene un grado de confiabilidad (R) bajo, puede tener un grado de cobertura (C) alto.

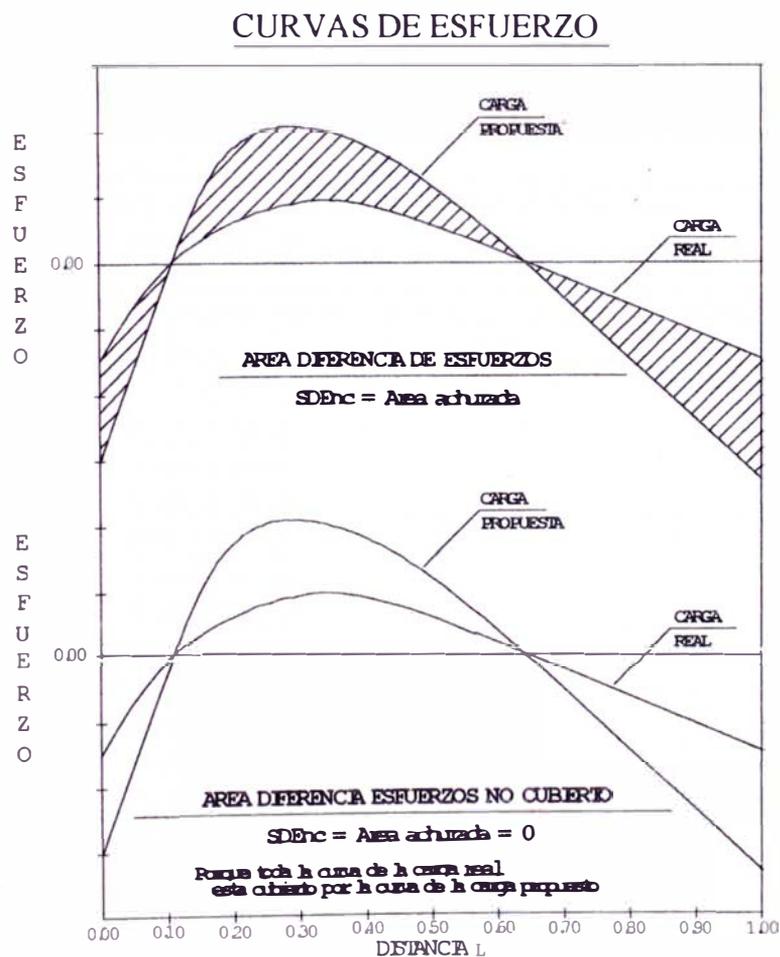


Fig. A.3. : Diferencia entre grado de confiabilidad R y grado de cobertura C

Una curva de esfuerzo debido a una carga propuesto que tiene un grado de confiabilidad (R) bajo, puede tener un grado de cobertura (C) alto.

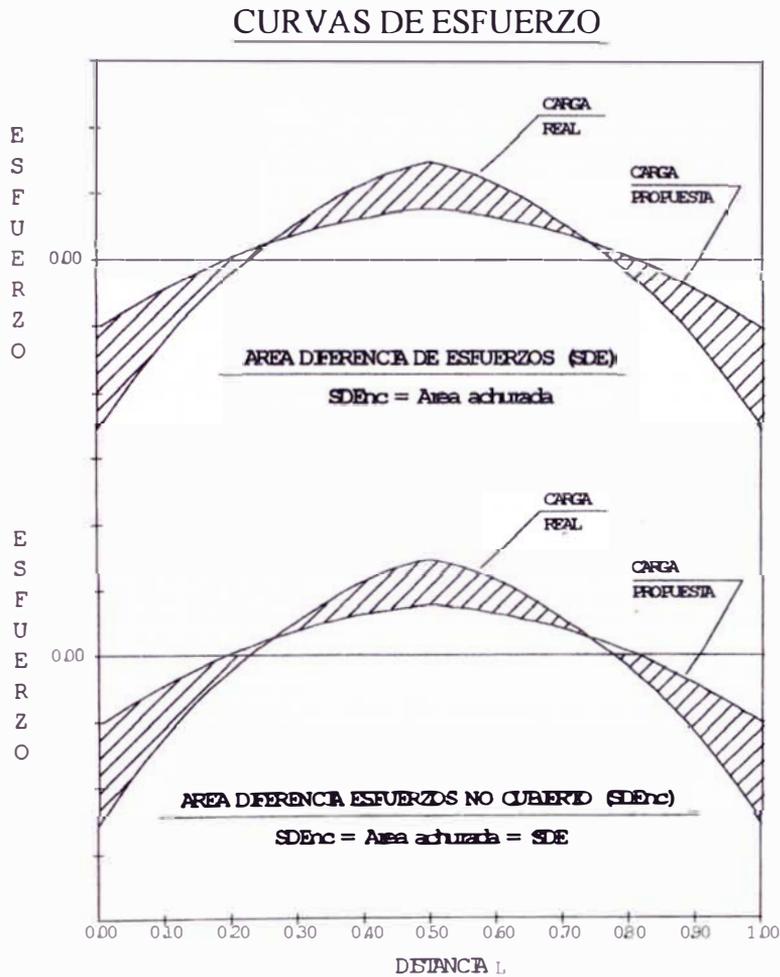


Fig. A.4 Diferencia entre grado de confiabilidad R y grado de cobertura C

Determinación de áreas en diagramas o curvas de esfuerzo (Método del trapecio)

Para la determinación de las áreas entre las curvas de esfuerzos mencionadas en las fórmulas de R y C, se realizará aplicando un método aproximado y práctico, que consiste en dividir el área a calcular, en rectángulos con anchos iguales (S_i) pero con una altura igual al valor de esfuerzo (Y_i) en el eje central del rectángulo que corresponda a ese punto.

El método considera para los extremos izquierdo y derecho, un ancho de rectángulo igual a la mitad del ancho ($S_i/2$) considerado para los valores intermedios; esto con el objetivo de considerar el efecto de ambos extremos en la determinación del área.

El área de cualquier curva y el eje X, será :

$$\text{Area} = \sum | Y_i | S_i$$

Donde :

$| Y_i |$: Valor Y de la curva en el punto y

S_i : Ancho de rectángulo de acuerdo al grado de partición considerado

Cabe recordar que a mayor grado de partición el grado de exactitud de la fórmula es mejor.

Grado de partición a considerarse en la presente investigación

No es prioritario considerar un grado de exactitud alto, lo que se trata es de tener una idea aproximada de las conveniencias de las cargas propuestas, a través de un valor relativo, como son los indicadores estadísticos propuestos.

Es por ello; que resulta suficiente considerar una partición $m = 10$; es decir particionar la longitud de la viga analizada en 10 partes iguales, para el cálculo de todas las áreas de las curvas de esfuerzo.

Por lo tanto :

$$\begin{aligned} \text{Area} &= |Y_{x=0.0}| S/2 + |Y_{x=0.1}| S + |Y_{x=0.2}| S + |Y_{x=0.3}| S + |Y_{x=0.4}| S + |Y_{x=0.5}| S + \\ &\quad |Y_{x=0.6}| S + |Y_{x=0.7}| S + |Y_{x=0.8}| S + |Y_{x=0.9}| S + |Y_{x=1.0}| S/2 \\ \text{Area} &= [(|Y_{x=0.0}| + |Y_{x=1.0}|) / 2 + (|Y_{x=0.1}| + |Y_{x=0.2}| + |Y_{x=0.3}| + |Y_{x=0.4}| + |Y_{x=0.5}| \\ &\quad + |Y_{x=0.6}| + |Y_{x=0.7}| + |Y_{x=0.8}| + |Y_{x=0.9}|)] S \end{aligned}$$

Es decir, el área bajo la curva de esfuerzo a determinar es igual a :

“la semisuma de los valores de esfuerzo de los extremos (x=0.0 y x=1.0) mas la suma de los esfuerzos en los puntos intermedios (x=0.1, x=0.2, x=0.3,....., x=0.8, y x=0.9), todo multiplicado por el ancho de rectángulo considerado de acuerdo a la partición”.

$$\text{Area} = [(\text{semisuma valores extremos} + \text{suma valores intermedios})] S$$

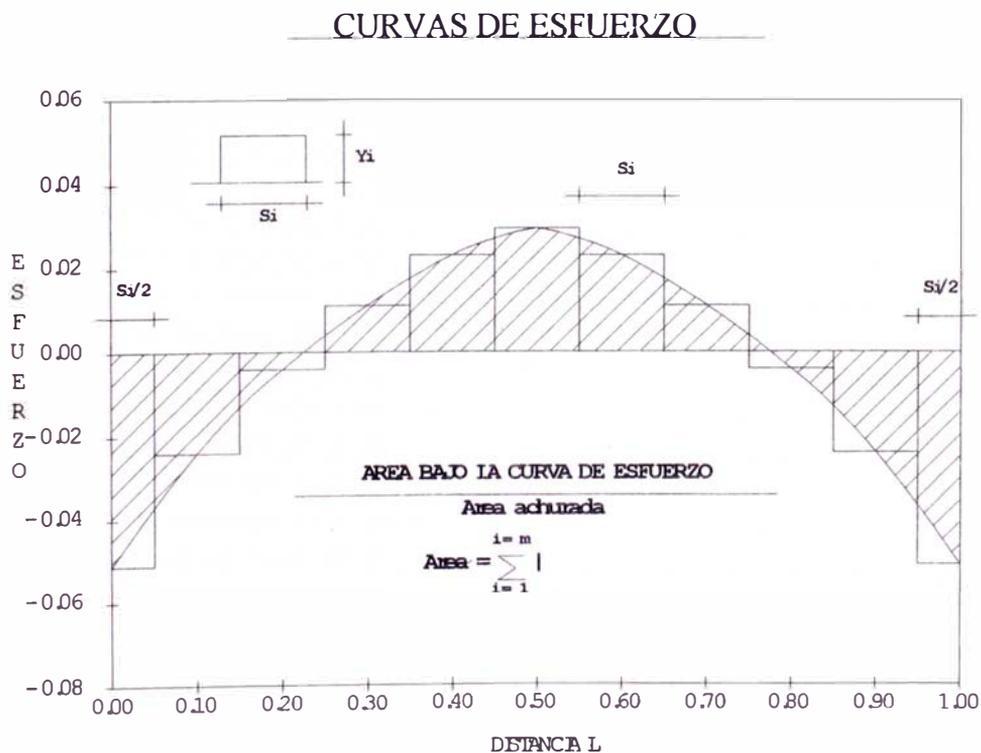


Fig. A.5. : Determinación del área bajo la curva de esfuerzo

Para el cálculo del grado de confiabilidad R y Grado de cobertura C, se determina relaciones de áreas:

Para R Se determina SDE/SE

Como SDE y SE están multiplicadas por un ancho de rectángulo (S) iguales, en la división esta se elimina.

Entonces :

La relación SDE/SE se puede calcular mediante la semisuma de los valores extremos y la suma de los valores intermedios de la curva de diferencia de esfuerzos, entre la semisuma de los valores extremos y la suma de los valores intermedios de la curva de esfuerzo real.

Para C Se determina $SDEnc/SE$

Como $SDEnc$ y SE están multiplicadas por un ancho de rectángulo (S) / iguales, en la división esta se elimina.

Entonces :

La relación $SDEnc/SE$ se puede calcular mediante la semisuma de los valores extremos y la suma de los valores intermedios de la curva de diferencia no cubierta de esfuerzos, entre la semisuma de los valores extremos y la suma de los valores intermedios de la curva de esfuerzo real.

EJEMPLO DE APLICACION (determinación de indicadores estadísticos R y C)

Para el ejemplo de aplicación se analiza una viga de sección arbitraria, de longitud unitaria ($L = 1$) y empotrado en ambos extremos; sometido a dos cargas (real y equivalente), descritos en cada aplicación.

En diagramas de momentos flectores :

La curva de momentos de flexión es continua y de trazo suave, para cualquier condición de carga; por lo que los valores de R y C a calcular, tendrán un mayor grado de certeza.

CASO W1 :**CARGA REAL : TABIQUERIA EN UN TRAMO**

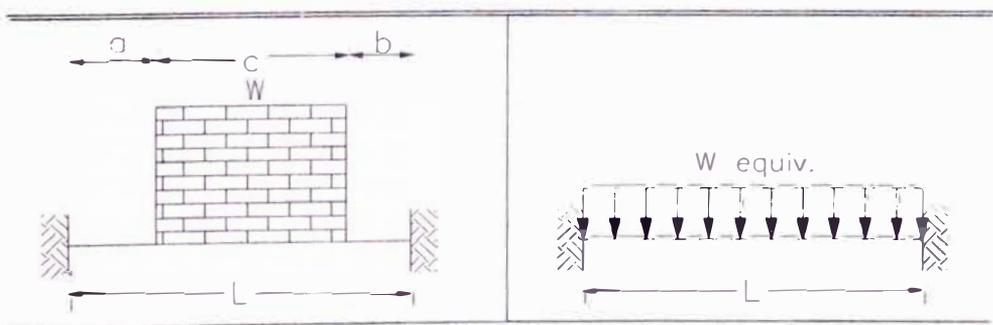
Distribuida uniforme : $W = 1$

Longitud cargada : $c = 0.500 L$

CARGA EQUIVALENTE :

Distribuida uniforme en L : $W \text{ equiv.} = 0.500 W$

$W \text{ equiv.} = 0.500$



$$a = 0.000$$

$$b = 0.500$$

$$c = 0.500$$

[Los resultados se presentan en la Tabla A.1 y en los Gráficos A.1 y A.2.]

TABLA A.1 : DETERMINACION DEL GRADO DE CONFIABILIDAD R, Y GRADO DE COBERTURA C EN DIAGRAMAS DE MOMENTO DE FLEXION

ANALISIS EN VIGA EMPOTRADA AMBOS EXTREMOS

CASO W1: - MURO EN UN TRAMO; LONGITUD CARGADA (w) TOTAL : $c = 0.500 L$ '(1/2 luz)
 - TIPO DE CARGA EQUIVALENTE : **DISTRIBUIDA UNIFORME** : $W_{equiv.} = 0.500 W$

a = 0.000 b = 0.500 a+c/2 = 0.250

DISTANCIA		0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
Momentos	Carga real	-0.057	-0.022	0.004	0.020	0.025	0.021	0.011	0.002	-0.007	-0.017	-0.026
	Carga equivalente	-0.042	-0.019	-0.002	0.011	0.018	0.021	0.018	0.011	-0.002	-0.019	-0.042

DETERMINACION DEL GRADO DE CONFIABILIDAD R :

Area bajo el diagrama de momento de flexión (SM) : Aplicación de la fórmula, suma de valores de absoluto

Carga real	0.057	0.022	0.004	0.020	0.025	0.021	0.011	0.002	0.007	0.017	0.026	suma	0.170
------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------

Area bajo el diagrama de diferencia de momento de flexión (SDM) : suma de valores absolutos

Diferencia	0.016	0.003	0.006	0.009	0.007	0.000	0.007	0.009	0.006	0.003	0.016	suma	0.063
------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------

$$R = 1 - \text{SDM}/\text{SM}$$

$$R = 0.630$$

DETERMINACION DEL GRADO DE COBERTURA C :

Area bajo el diagrama de diferencia de momento de flexión no cubierto (SDMnc) : suma de valores absolutos

Diferencia nc	0.016	0.003	0.004	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	suma	0.036
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------

$$C = 1 - \text{SDMnc}/\text{SM}$$

$$C = 0.792$$

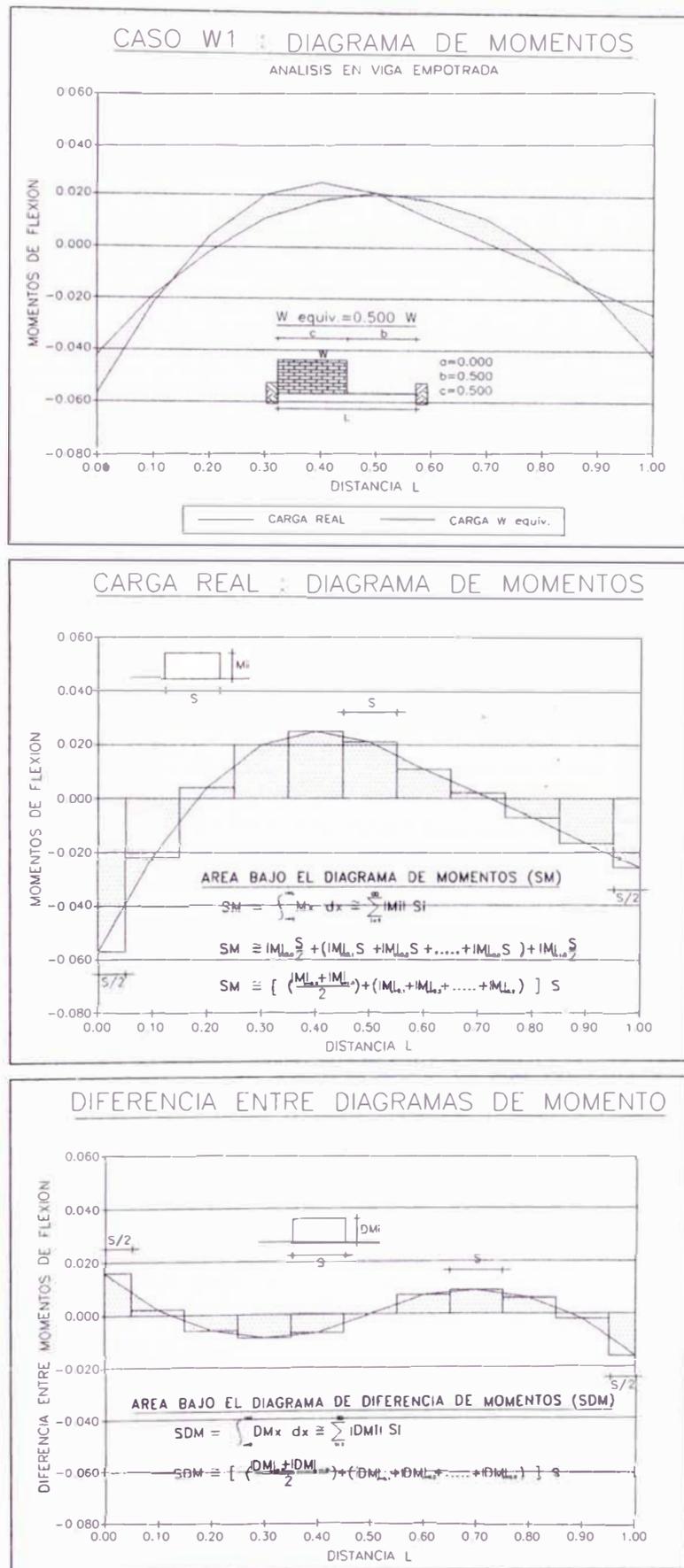


Gráfico A.1. : Determinación del grado de confiabilidad en diagramas de momentos flectores.

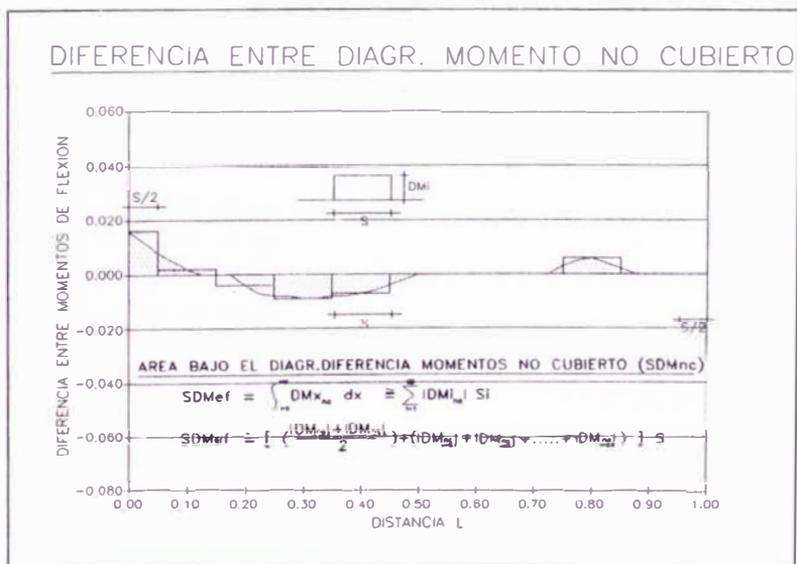
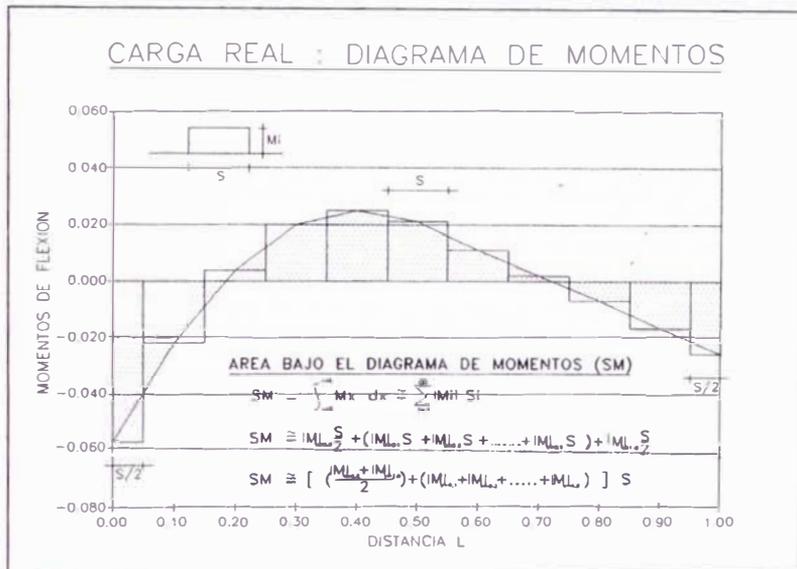
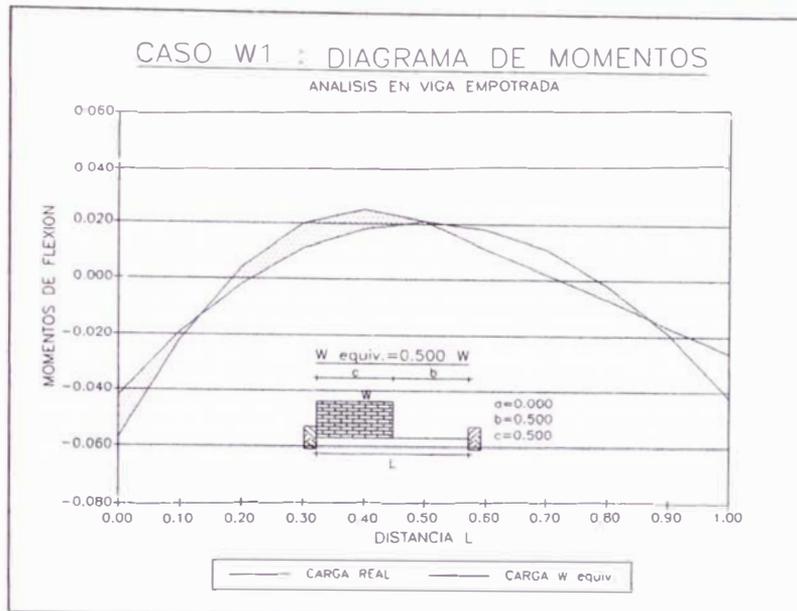


Gráfico A.2. : Determinación del grado de cobertura en diagramas de momentos flectores.

En diagramas de fuerza cortante :

La curva de fuerza cortante es continua pero puede tener características de tener trazos quebrados, para cualquier condición de carga, por lo que los valores de R y C a calcular, tendrán un menor grado de certeza.

CASO P1 :**CARGA REAL : TABIQUERIA EN UN TRAMO**

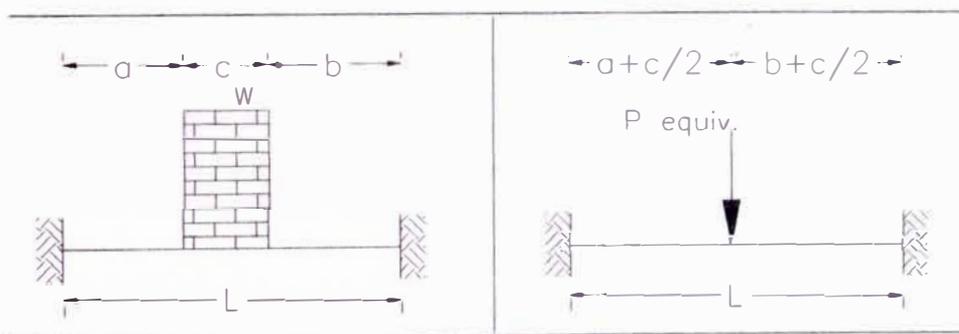
Distribuida uniforme : $W = 1$

Longitud cargada : $c = 0.500 L$

CARGA EQUIVALENTE :

Puntual : $P_{equiv.} = W c$

$P_{equiv.} = 0.500$



$$a = 0.000$$

$$b = 0.500$$

$$c = 0.500$$

[Los resultados se presentan en la Tabla A.2 y en los Gráficos A.3 y A.4.]

TABLA A.2 : DETERMINACION DEL GRADO DE CONFIABILIDAD R, Y GRADO DE COBERTURA C EN DIAGRAMAS DE FUERZA CORTANTE

ANALISIS EN VIGA EMPOTRADA AMBOS EXTREMOS

CASO P1: - MURO EN UN TRAMO; LONGITUD CARGADA (w) TOTAL c = 0.500 L '(1/2 luz)

- TIPO DE CARGA EQUIVALENTE : PUNTUAL : P equivalente = 0.500 L x W

a = 0.000 b = 0.500 a+c/2 = 0.250

DISTANCIA		0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
Cortante	Carga real	0.406	0.306	0.206	0.106	0.006	-0.094	-0.094	-0.094	-0.094	-0.094	-0.094
	Carga equivalente	0.422	0.422	0.422	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078	-0.078

DETERMINACION DEL GRADO DE CONFIABILIDAD R :

Area bajo el diagrama de fuerza cortante (SC) : Aplicación de la fórmula, suma de valores de absolutos

												suma
Carga real	0.406	0.306	0.206	0.106	0.006	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	1.344

Area bajo el diagrama de diferencia de fuerza cortante (SDC) : suma de valores absolutos

												suma
Diferencia	0.016	0.116	0.216	0.184	0.084	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.694

$$R = 1 - SDC/SC$$

$$R = 0.484$$

DETERMINACION DEL GRADO DE COBERTURA C :

Area bajo el diagrama de diferencia de fuerza cortante no cubierto (SDCnc) : suma de valores absolutos

												suma
Diferencia nc	0.000	0.000	0.000	0.106	0.006	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.198

$$C = 1 - SDCnc/SC$$

$$C = 0.852$$

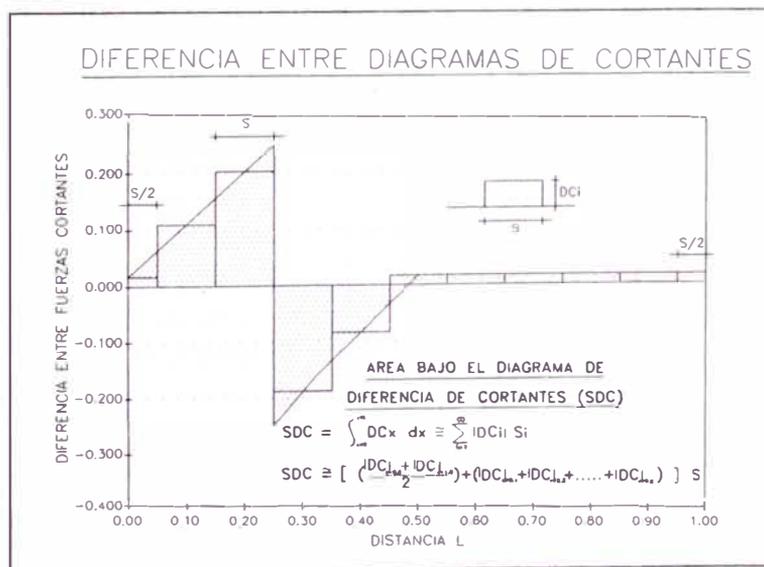
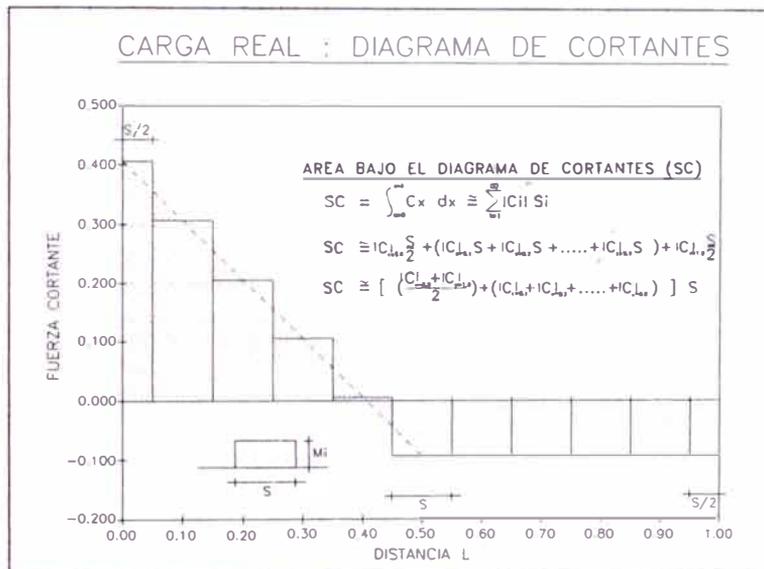
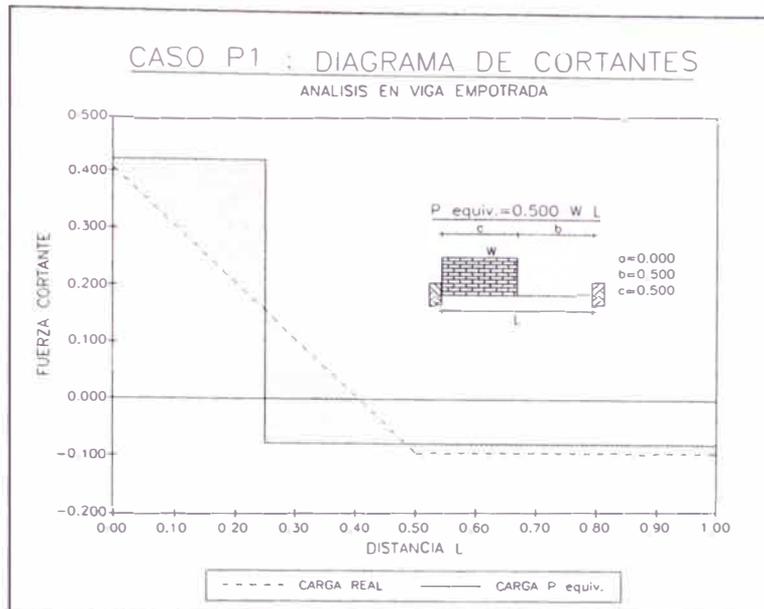


Gráfico A.3. : Determinación del grado de confiabilidad en diagramas de fuerzas cortantes.

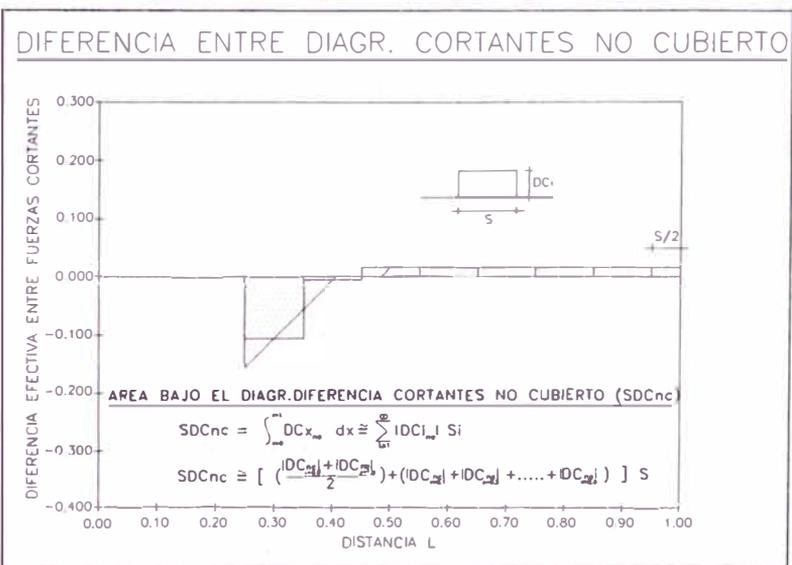
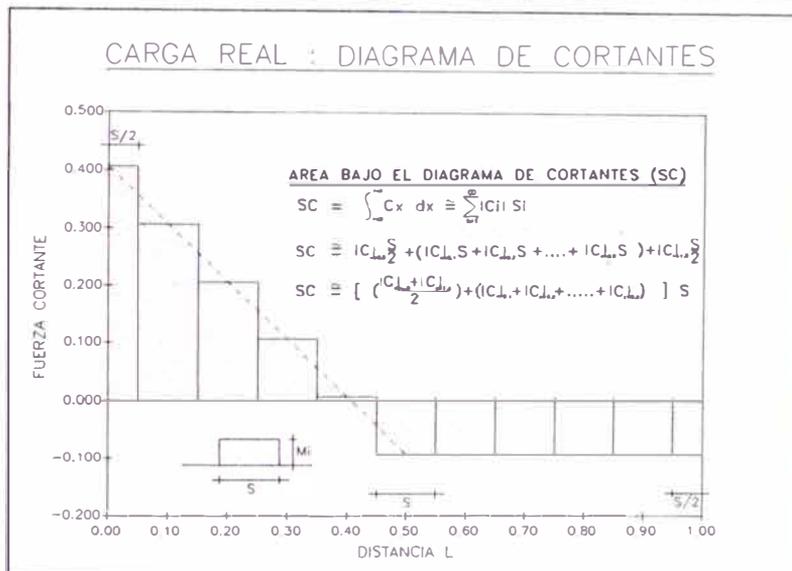
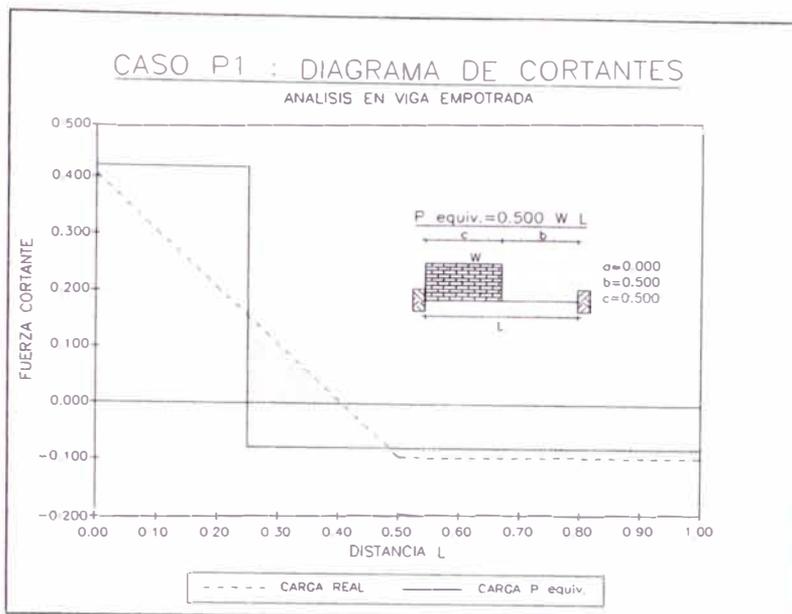


Gráfico A.4. : Determinación del grado de cobertura en diagramas de fuerzas cortantes.