



**BUAP**

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**COEFICIENTES PARA MOMENTOS MÁXIMOS DE  
ZAPATAS CORRIDAS CONSIDERANDO EL  
MÓDULO DE SUBRASANTE**

**TESIS**

Que para obtener el grado de:

**MAESTRO EN INGENIERÍA  
CON OPCIÓN TERMINAL EN ESTRUCTURAS**

Presenta:

**ING. PILAR NAYELI MADRID BÁEZ**

Director de tesis:

**M. I. MARTÍN CASTILLO FLORES**

Co-Director:

**DR. FILIBERTO CANDIA GARCÍA**

Puebla, Pue.

Junio 2019



**BUAP**

**Oficio No. 1320/2019**

**C. Pilar Nayeli Madrid Báez**  
Pasante de la Maestría en Ingeniería  
con opción terminal en Estructuras  
Facultad de Ingeniería, BUAP.  
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Coefficientes para momentos máximos de zapatas corridas considerando el módulo de subrasante**. Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Estructuras. Asignándose como Director al M.I. Martín Castillo Flores y Co-director al Dr. Filiberto Candia García.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"Pensar bien, para vivir mejor"  
H. Puebla de Zaragoza, junio 4 de 2019.

**M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández**  
Director



C.c.p M.I. Martín Castillo Flores y Dr. Filiberto Candia García, Director y Co-director del tema de tesis.

C.c.p. Archivo

ABH/MCF/sco\*

H. Puebla de Zaragoza, a 12 de junio de 2019

**M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ**  
**DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**  
**P R E S E N T E**

Por medio de la presente informo que la tesis autorizada en el Oficio No. 1320/2019 con el tema titulado: "**Coeficientes para momentos máximos de zapatas corridas considerando el módulo de subrasante**", de la cual fui asignado como director, ha sido concluida, alcanzando y cumpliendo satisfactoriamente con los objetivos planteados inicialmente.

Por lo anterior no tengo inconveniente en que la Ing. Pilar Nayeli Madrid Báez, con Matrícula 217470309, prosiga con los trámites de titulación pertinentes para la obtención del grado de Maestría en Ingeniería con opción terminal en Estructuras.

Sin más por el momento, me despido reiterándole la seguridad de mi consideración distinguida.

**Atentamente**



M.I. Martín Castillo Flores

Coordinador de la Maestría en Ingeniería  
con opción terminal en Estructuras.

*Este trabajo lo dedico a mi hermosa familia  
por su incondicional apoyo y, sobre todo  
por su desmedido amor.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi director de tesis, el M.I. Martín Castillo Flores, por apoyarme incondicionalmente en mis estudios de Maestría y en el desarrollo de mi tesis. Siempre ha buscado que sus alumnos contemos con los conocimientos y herramientas necesarios para convertirnos en notables profesionistas. Es un gran ejemplo a seguir y un valioso maestro.

Agradezco a mi co-director de tesis, el Dr. Filiberto Candia García, por su búsqueda de la excelencia tanto en mis estudios de Maestría como en mi trabajo de tesis. Es un extraordinario orientador que siempre alienta a prepararnos.

Agradezco a cada uno de mis maestros, tanto de la Licenciatura en Ingeniería Civil como de la Maestría en Ingeniería, por su admirable dedicación en mi educación. Ahora, forman parte de valiosas etapas de mi vida que atesoraré siempre.

Pilar Nayeli Madrid Báez

## RESUMEN

Con el fin de facilitar los procedimientos de análisis en zapatas corridas se han desarrollado métodos simplificadores que recurren a diferentes consideraciones de las propiedades de la cimentación y del suelo. Los métodos convencionales buscan un equilibrio global de fuerzas, es decir, coincidencia de la resultante de presiones del suelo con la resultante de las cargas aplicadas. Mientras que, los métodos refinados, con base matemática en el método del elemento finito MEF, se basan en la teoría de Winkler y sustituyen el suelo por una cama de resortes con propiedades elásticas para su análisis. El método convencional es restrictivo a zapatas rígidas, mientras que, el método refinado analiza indistintamente zapatas rígidas o flexibles. Partiendo de este conocimiento, se pretende realizar una investigación donde se comparen resultados entre ambos métodos de análisis para buscar correlaciones que permitan la formulación de ecuaciones o el cálculo de coeficientes con el fin de facilitar la obtención de momentos máximos sin la necesidad de algún software. Las herramientas de análisis a utilizar serán el software SAP2000v.20 como auxiliar del método convencional, y el software SAFE2016 para el estudio refinado.

## **ABSTRACT**

In order to facilitate the analysis procedures in continuous footing, simplifying methods have been developed that use different considerations of the foundation and soil properties. Conventional methods search for a global balance of forces, that is, coincidence of the resultant forces from the soil pressure and the loads applied. Whereas the refined methods, with mathematical basis in the finite element method FEM, are based on Winkler's theory and substitute the soil with elastic springs. The conventional method is restricted to rigid continuous footings, while the refined method can analyze rigid or flexible continuous footings. Departing from this knowledge, it's intended to carry out a comparison between the results of both methods of analysis looking for correlations that allow the formulation of equations, or the calculation of coefficients, in order to facilitate the obtaining of maximum moments without the need for a software. The software to be used will be SAP2000v.20 for the conventional method and SAFE2016 for the refined study.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se cuenta con diversos métodos para el análisis estructural de zapatas corridas, basados en suposiciones simplificadoras de la interacción suelo-cimentación que facilitan el diseño estructural de las edificaciones. Se destacan dos consideraciones empleadas por los procedimientos de estudio, la primera, analiza la cimentación como un elemento separado de la estructura suponiendo presiones uniformes del suelo, la segunda, sustituye el suelo por una cama de resortes independientes entre sí que actúan bajo una relación lineal esfuerzo-deformación.

El análisis convencional representa a las zapatas corridas como elementos lineales, que sustituyen el suelo por cargas uniformemente distribuidas, sujetas a los principios de equilibrio de fuerzas, continuidad del material, y compatibilidad de esfuerzos y deformaciones. Por su parte, los análisis refinados emplean el modelo matemático del método del elemento finito (MEF) para analizar las zapatas corridas, con diversos tipos de elementos, como cimentaciones sobre resortes elásticos.

El propósito de la presente tesis es el encontrar correlaciones entre los análisis convencionales, que buscan equilibrio en la distribución de presiones, y los análisis refinados que toman en cuenta la rigidez del suelo al emplear el módulo de reacción de subrasante. Asimismo, en función de los resultados obtenidos, se busca desarrollar una ecuación o una metodología para simplificar el cálculo de momentos máximos, en función del módulo de subrasante, empleando procedimientos sencillos y evitando el uso de softwares especializados.

La importancia de esta investigación radica en la obtención de momentos máximos que correspondan al suelo sobre el que se emplazará la edificación, mismos que conducirán a un correcto armado de zapatas corridas evitando así fallas estructurales. También, permitirá establecer relaciones entre los datos obtenidos por ambos métodos de análisis proporcionando un valor o valores de convergencia.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>V</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>VI</b>
<b>I. ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
I.2. JUSTIFICACIÓN	3
I.3. OBJETIVO GENERAL	4
I.4. MARCO CONCEPTUAL	4
I.5. HIPÓTESIS	6
I.6. DISEÑO METODOLÓGICO Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	7
<b>II. CIMENTACIONES SUPERFICIALES</b>	<b>10</b>
II.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES	10
II.2. PRESIÓN DE LA CIMENTACIÓN SOBRE EL SUELO	15
II.3. DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES EN ZAPATAS CORRIDAS	18
II.4. DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES DEL SUELO EN FUNCIÓN DEL MÓDULO DE SUBRASANTE	21
II.4.1 PRUEBA DE CARGA DE PLACA.	22
II.4.2 VALORES ORIENTATIVOS DEL MÓDULO DE SUBRASANTE.	24
II.5. TIPOS DE FALLAS EN ZAPATAS	26
<b>III. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE ZAPATAS CORRIDAS CON MODELOS MATEMÁTICOS</b>	<b>28</b>
III.1. MÉTODO CONVENCIONAL DE ANÁLISIS	28
III.1.1 ANÁLISIS CON SOFTWARE SAP2000v.20	34
III.2. MÉTODO DE CIMENTACIÓN CONTINUA SOBRE BASE ELÁSTICA	37

III.2.1	ANÁLISIS CON SOFTWARE SAFE2016.	38
<b>IV.</b>	<b>CASOS DE ESTUDIO EN ZAPATAS CORRIDAS</b>	<b>47</b>
IV.1	INCREMENTO DE CARGAS	48
IV.2	VARIACIÓN DE ESPESOR DE LOSA.	51
IV.3	VARIACIÓN DE ANCHO DE DADOS.	53
IV.4	VARIACIÓN DE GEOMETRÍA EN EXTREMOS DE LOSA.	58
IV.5	VARIACIÓN DE SEPARACIÓN ENTRE COLUMNAS.	62
<b>V.</b>	<b>TABLAS DE COEFICIENTES <math>\delta</math></b>	<b>66</b>
A.	DETERMINACIÓN DE MÓDULOS DE SUBRASANTE KS A EMPLEAR.	67
B.	DETERMINACIÓN DE LOS MODELOS DE CARGA.	68
C.	DETERMINACIÓN DE GEOMETRÍA DE ZAPATAS CORRIDAS.	69
D.	GENERACIÓN DE MODELOS EN SAFE2016.	71
E.	RECOPIACIÓN Y MANEJO DE DATOS.	72
F.	CÁLCULO DE FACTORES PARA ANCHO DE DADO.	75
G.	GENERACIÓN DE MODELOS EN SAP2000v.20.	77
H.	CÁLCULO DE COEFICIENTES $\delta$ PARA MOMENTOS MÁXIMOS.	79
I.	GENERACIÓN DE FÓRMULA GENERAL PARA TABLAS DE COEFICIENTES $\delta$ .	80
<b>V.1.</b>	<b>EMPLEO DE TABLAS DE COEFICIENTES <math>\delta</math> DE DISEÑO</b>	<b>81</b>
<b>V.2.</b>	<b>EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE TABLAS DE COEFICIENTES <math>\delta</math></b>	<b>83</b>
<b>V.3</b>	<b>COMPENDIO TABLAS DE COEFICIENTES <math>\delta</math></b>	<b>134</b>
	CON VOLADOS EN LOS EXTREMOS DE LA LOSA	135
	SIN VOLADOS EN LOS EXTREMOS DE LA LOSA	151
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>167</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>169</b>

## I. ANTECEDENTES

Con el fin de desarrollar una representación teórica, físicamente fiable y matemáticamente simple de la interacción suelo-estructura, se han desarrollado modelos de cimentación e instrumentos computacionales, tales como los de Winkler, Filonenko-Borodich, Hetényi, Pasternak, Reissner, Kerr, y Vlasov y Leontiev. Entre estos, el modelo de Winkler ha sido generalmente preferido por ingenieros e investigadores, debido a su amplia difusión en varias aplicaciones prácticas y a su claridad matemática, particularmente en la práctica de diseño de cimentaciones continuas. Las técnicas de Diferencia Finita (FD), Método de Elementos Finitos (FEM) y otros enfoques numéricos se han vuelto muy populares en los últimos años y han sido aplicados para resolver problemas basados en modelos similares a Winkler o incluso más complicados, como vigas uniformes sobre cimientos elásticos no lineales (Yankelevsky et al), vigas uniformes sobre un cimiento elástico no lineal sometidas a cargas en movimiento (Castro Jorge et al.) o vigas no uniformes sobre cimientos no lineales elásticos (Tsiatas, Jang). Asimismo, autores como Froio y Rizzi (2016), han utilizado soluciones analíticas para el estudio de vigas sobre soportes no lineales de Winkler, logrando concordancia de los resultados con predicciones de métodos numéricos.

Para estudiar la interacción suelo-estructura el método de elementos finitos se ha utilizado en numerosos estudios: Imanzadeh et al. (2014) y Dubost et al. (2011) estudiaron la interacción suelo-base, Elachachi et al. (2004, 2011, 2012) estudiaron las interacciones suelo-tubo, y los asentamientos de fundaciones en suelo espacialmente aleatorio han sido estudiados por Houy et al. (2005), Fenton y Griffiths (2002). Para estudios que simplifican la interacción suelo-estructura, se han realizado enfoques analíticos (Deck y Singh, 2012; Imanzadeh et al., 2013).

## **I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El objeto de estudio de la presente tesis son las zapatas corridas. Se busca encontrar una correlación entre dos métodos de análisis estructural: viga bajo equilibrio de presiones y método de elementos finitos considerando el módulo de subrasante del suelo. Esto empleando software de análisis estructural para la obtención de momentos máximos que se graficarán para observar el comportamiento de las zapatas corridas ante la variación del módulo de subrasante. Además, se estudiarán los puntos de convergencia entre ambos métodos para varias configuraciones geométricas y de carga de la cimentación.

Se analizará el comportamiento de las zapatas corridas ante la variación de espesor de losa, número de columnas soportadas, separación a ejes de columnas, ancho de dado, losa con volados en los extremos, losa sin volados en los extremos y variación de cargas.

### **Preguntas De Investigación.**

Dentro de las preguntas que debe abordar la presente tesis, para enfocar de manera adecuada la investigación, se presentan las siguientes:

- ¿Qué consideran los métodos convencionales y el MEF para el análisis de zapatas corridas?
- ¿Qué tan exactos son los métodos de análisis basados en el MEF?
- ¿Se obtienen los mismos resultados con diferentes métodos de análisis estructural?
- ¿Cómo se obtiene el módulo de subrasante?
- ¿Se han innovado los métodos para obtener el módulo de subrasante?
- ¿Qué tanto influye la interacción suelo-cimentación en el análisis estructural de zapatas corridas?

## I.2. JUSTIFICACIÓN

La obtención de correlaciones, entre los métodos de análisis convencionales y los métodos refinados que utilizan el MEF, servirá para conocer los porcentajes de sobre estimación, o sub estimación, de porcentajes de acero en el diseño de zapatas corridas. El planteamiento inadecuado del armado de refuerzo en elementos de cimentación conlleva a construcciones costosas, comportamientos indeseables en los elementos de la estructura, considerables asentamientos diferenciales, fallas estructurales y a la pérdida de vidas humanas. Asimismo, podrán determinarse rangos de módulos de subrasante en los cuales converjan los métodos de análisis bajo determinadas propiedades de la sección transversal de la zapata corrida.

El trabajo necesario para realizar las comparaciones entre métodos será posible debido a la existencia de software de diseño, con base matemática en el método del elemento finito MEF, que proporcionan resultados altamente confiables y verificados en el campo de la investigación.

Los resultados de la investigación podrán ser empleados por profesionistas del área de las estructuras, ingenieros civiles y estudiantes de ingeniería civil. Las correlaciones encontradas pueden originar la formulación de ecuaciones y/o el cálculo de coeficientes que permitan la obtención de momentos máximos con procedimientos simples pero fiables.

El propósito de encontrar correlaciones entre los métodos previamente mencionados es el de conocer ante qué valores de módulo de subrasante el análisis convencional arroja los mismos resultados que el análisis con MEF, analizar las propiedades de la sección transversal que satisface ambos métodos y proveer de ayudas de análisis que faciliten el diseño y comprensión del comportamiento de las zapatas corridas tan empleadas actualmente.

### **I.3. OBJETIVO GENERAL**

Facilitar la obtención de diagramas de momentos considerando el módulo de subrasante sin necesidad de recurrir a un análisis refinado que emplee el modelo matemático del Método del Elemento Finito “MEF”, ya que, para este tipo de análisis se requiere de software especializados con licencia de uso o, en su defecto, de programación avanzada y compleja.

#### **Objetivos Específicos.**

Comparar los resultados obtenidos, por procedimientos convencionales de análisis de zapatas corridas, con los resultados obtenidos mediante el empleo de un programa de cómputo basado en el modelo matemático del método del elemento finito (MEF).

Obtener gráficas de comportamiento al analizar diversos casos de configuración de zapatas corridas.

Determinar fórmulas o coeficientes de correlación entre los análisis convencionales y los análisis basados en el modelo matemático del método del elemento finito (MEF).

### **I.4. MARCO CONCEPTUAL**

En el enfoque de diseño convencional, las estructuras de edificios están diseñados sobre la base de las demandas de fuerza o desplazamiento del análisis lineal-elástico. En este proceso, las secciones están proporcionadas, de modo que la capacidad de resistencia, así como las demandas de deformación cumplen los criterios prescritos en las disposiciones de diseño. En el diseño basado en el rendimiento, por otro lado, el rendimiento real de una estructura necesita ser evaluado con precisión considerando el comportamiento histerético inelástico cíclico de los componentes críticos. Este enfoque sigue siendo muy difícil, porque un ingeniero debe tener un buen entendimiento sobre el "comportamiento" de los elementos estructurales. Si el proceso de evaluación del desempeño involucra tanto

modelo geotécnico (es decir, suelo y cimiento) como modelo estructural, resulta aún más difícil modelar ambos dominios con igual nivel de rigor. Las dificultades se deben principalmente a (1) la falta de experiencia en campos geotécnicos y estructurales, que pueden superarse a través de la capacitación y (2) la falta de herramientas de análisis que incluyen modelo realista de modelo geotécnico y modelo estructural. En el análisis (suelo-cimentación) los retos de considerar se han abordado con varios métodos. El enfoque más típico adoptado en la industria es el uso de resortes lineales elásticos para modelar el sistema suelo-cimentación durante el análisis y diseño de estructuras. Una vez que el diseño estructural se completa, los ingenieros estructurales proporcionan el desplazamiento y las demandas de fuerza de la cimentación a los ingenieros geotécnicos. A continuación, los ingenieros geotécnicos diseñan el sistema de cimentación y devuelven las propiedades del resorte actualizadas del sistema de suelo-cimentación a los ingenieros estructurales. Estos pasos se iteran hasta que el diseño converge. Este proceso es suficiente para el diseño (Kwon, 2017).

En la literatura, en la medida en que se supone que el soporte es homogéneo, isotrópico y presenta un comportamiento elástico lineal, la interacción con la estructura se aborda considerando dos categorías principales de modelos de cimentación (Hetényi, 1946): a) Modelos de medios continuos y (b) modelos llamados "mecánicos". Los primeros están constituidos por enfoques a gran escala que consideran el soporte como un continuo elástico semi infinito; los últimos quitan el sustrato del análisis y reducen el problema para ajustar la ecuación diferencial de la viga incluyendo la contribución de la reacción de la cimentación; este último caso se adopta especialmente cuando la respuesta de la viga es de interés principal, con respecto a la evaluación de los esfuerzos y tensiones en el sustrato. Cabe señalar que, si bien el enfoque continuo suele resultar inadecuado debido a que el análisis resulta excesivamente engorroso, el segundo enfoque puede caracterizarse por supuestos simplificados, que a veces pueden no ser totalmente representativos de casos reales. Sin embargo, aparece una gran cantidad de casos prácticos en los que la interacción estructura-sustrato puede ser descrita por este último enfoque (Froio & Rizzi, 2016).

Las técnicas de Diferencia Finita (DF), Método de Elementos Finitos (MEF) y otros enfoques numéricos se han vuelto muy populares en los últimos años y han sido aplicados para resolver problemas basados en modelos similares a Winkler o incluso más complicados, como vigas uniformes sobre cimientos elásticos no lineales (Yankelevsky et al), vigas uniformes sobre un cimiento elástico no lineal sometidas a cargas en movimiento (Castro Jorge et al.) o vigas no uniformes sobre cimientos no lineales elásticos (Tsiatas, Jang). A pesar de la difusión generalizada de las técnicas numéricas, todavía se necesitan métodos analíticos y constituyen una parte esencial de los antecedentes teóricos, también con vistas a interpretar el comportamiento estático y dinámico de la estructura en forma paramétrica. Además, para la formulación y solución de modelos que se asemejan a problemas prácticos reales, las soluciones analíticas parecen ser más adecuadas que las modelizaciones basadas en MEF o numéricas, también con fines de diseño (Froio & Rizzi, 2016).

La tendencia actual es la de generar modelos analíticos para obtener deflexiones y momentos de zapatas corridas bajo específicos parámetros de estudios, sin embargo, los resultados han coincidido con las predicciones hechas con métodos numéricos. Por ello, resulta una opción más práctica la aplicación de modelos matemáticos que utilizan el MEF.

## **I.5. HIPÓTESIS**

Si se correlacionan los análisis convencionales de zapatas corridas con análisis refinados que utilizan el Método del Elemento Finito (MEF) en función del módulo de subrasante del suelo. Entonces es posible generar coeficientes de ajuste para determinar diagramas de momentos de diseño máximos.

## **I.6. DISEÑO METODOLÓGICO Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

Para la presente tesis se emplea una metodología de investigación “cuantitativa” debido a que el estudio se centra en aspectos observables susceptibles de cuantificación en zapatas corridas, estos aspectos son la rigidez del suelo y las fuerzas internas. Para la recolección, descripción y resumen de los datos obtenidos se utiliza estadística “descriptiva”, misma que permite visualizar de manera numérica y gráfica los datos recabados.

### **Tipo De Investigación.**

Descriptiva - Correlacional

Se deduce que la investigación es "Descriptiva" porque detalla el método convencional de análisis de zapatas corridas, junto con las respuestas que se esperan de dicho método. También, se describe el procedimiento para analizar zapatas corridas, en función del módulo de subrasante del suelo, utilizando el MEF.

De igual manera, se infiere que la investigación es "Correlacional" porque estudia las relaciones entre la variable independiente, que para este estudio es el módulo de subrasante del suelo, y la variable dependiente, que son los momentos máximos. Los resultados del método convencional y del MEF se comparan y se determina si el tipo de suelo influye en la deformación de las zapatas corridas, esto ante una serie de simulaciones efectuadas por MEF.

### **Elementos De Estudio.**

Los elementos de estudio serán las zapatas corridas, pertenecientes a la tipología de cimentaciones superficiales, las cuales se definen como aquellas cuya longitud (L) es muy superior a su anchura (B), y que suelen recoger varias columnas alineadas (Muzás Labad, 2002).

### **Casos De Estudio.**

Se analizarán los siguientes casos:

- Separación a ejes de columnas: 6.00m, 8.00m y 10.00m.
- Ancho de zapata: 1.00m  
En el capítulo III de este trabajo se explica que el ancho de la losa no influye en la obtención de momentos máximos, por ello se optó analizar anchos unitarios.
- Extremos: con volados y sin volados.
- Número de columnas: de dos columnas a diez columnas.
- Espesor de losa: 5 espesores diferentes.
- Ancho de dados: 3 anchos diferentes.
- Módulos de subrasante: 29 valores.

Los casos de estudio llevaron a la realización de casi 24 000 simulaciones de modelos en software de análisis estructural.

### **Técnica E Instrumentos De Recolección De Datos.**

Creación de base de datos numéricos en el software Microsoft Excel, herramienta de análisis y visualización de datos, a partir de los resultados obtenidos en las simulaciones generadas en los softwares SAP2000v.20 y SAFE2016, mismas que cuentan con licencias estudiantiles.

### **Recursos Humanos, Materiales Y Financieros.**

La realización de la presente tesis fundamenta su viabilidad en la existencia de recursos humanos, financieros, temporales y de información que se desglosan en detalle a continuación.

El trabajo de investigación será realizado por Pilar Madrid, con apoyo de un director de tesis que cuenta con experiencia laboral y Maestría en el área de Estructuras, M.I. Martín Castillo Flores; además de la colaboración de un co-director de tesis experto en diseño asistido por MEF con Maestría en Estructuras, Dr. Filiberto García Candia.

Dentro de los recursos materiales se empleará el software Microsoft Excel, para el manejo e interpretación de datos, y los softwares SAP2000v.20 y SAFE2016 para análisis estructural, mismos que cuentan con licencia estudiantil.

En lo concerniente a los gastos propios de la investigación, éstos serán solventados por CONACYT, mediante la beca "Estudiantes de Tiempo Completo", y por apoyo de la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la facultad de ingeniería BUAP, en lo respectivo al costeo de recursos electrónicos. Asimismo, la existencia de información, sustento de la presente tesis, es basta y proveniente de diversas fuentes de información debidamente avaladas por los organismos pertinentes. Por último, la cantidad de tiempo dedicada al desarrollo de la tesis será la oportuna, ya que uno de los requisitos para ser estudiante de tiempo completo es la de aplicarse diariamente en la realización cabal de la misma; ahora bien, para cumplir con una fecha de entrega próxima a la finalización de la Maestría se realizó un cronograma de actividades que servirá como parámetro de avance.

## II. CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Las cimentaciones poco profundas o superficiales se refieren a aquellas en las que la profundidad de desplante no es mayor que un par de veces el ancho del cimiento, sin embargo, no existe un límite preciso en la profundidad de desplante que separe a una cimentación poco profunda de una profunda. (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1998)

### II.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES

Los tipos de cimentaciones poco profundas más comunes son las zapatas aisladas, las zapatas corridas y las losas de cimentación.

#### **Zapatas Aisladas.**

Las zapatas aisladas son elementos estructurales, de forma cuadrada, rectangular, circular u octagonal, que se construyen bajo las columnas con el objetivo de transmitir la carga de éstas al terreno en una mayor área, para lograr una presión apropiada. Generalmente se construyen de concreto reforzado y algunas veces soportan más de una columna (Figura 2.1). Éstas son las zapatas más comúnmente usadas, en particular cuando las cargas son relativamente ligeras y las columnas no están muy cercanas entre sí.

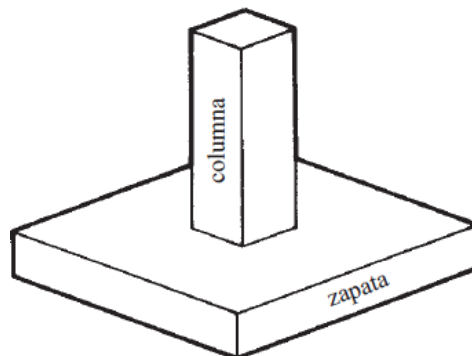


Figura 2.1. Zapata aislada (McCormac & Brown, 2016).

## Zapatas Corridas.

Las zapatas corridas son elementos similares a las zapatas aisladas en donde la longitud es mayor que su ancho. Soportan varias columnas o muros y pueden ser de concreto reforzado o de mampostería. La zapata corrida se utiliza en casos que el suelo ofrezca una resistencia baja o que deban transmitirse grandes cargas (Figura 2.1).

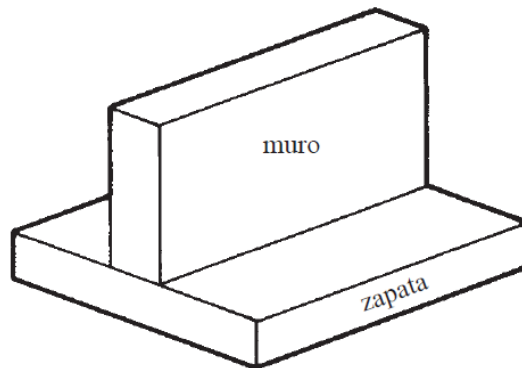


Figura 2.2. Zapata corrida para muro (McCormac & Brown, 2016).

En general las zapatas corridas se pueden clasificar en las categorías siguientes:

- a. *Zapata rectangular corrida.* Se emplean ante la necesidad de una mayor área de contacto de la base de la cimentación por las condiciones de carga transmitida por la columnas y capacidad de carga del suelo, o también para evitar sobre pasar los linderos del terreno. En este caso, dos o más columnas pueden se pueden soportar sobre una cimentación rectangular individual (Figura 2.3).

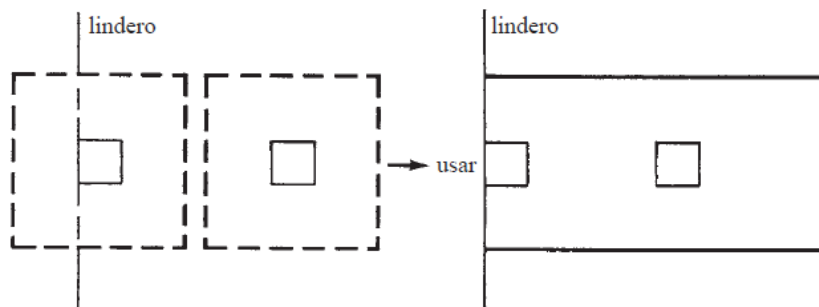


Figura 2.3. Zapata rectangular corrida (McCormac & Brown, 2016).

- b. *Zapata trapezoidal corrida*. Es una cimentación aislada y ensanchada que soporta grandes cargas, transmitidas por columnas, ubicada en espacios reducidos (Figura 2.4).

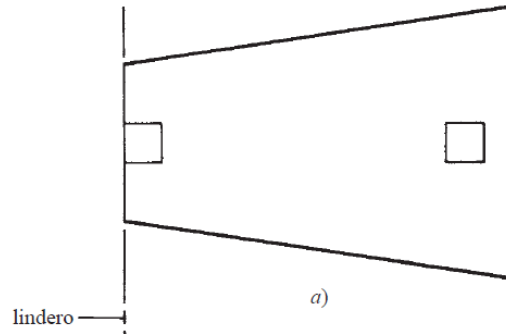


Figura 2.4. Zapata trapezoidal combinada (McCormac & Brown, 2016).

- c. *Zapata en voladizo*. Este tipo de zapatas se caracterizan por el uso de una viga de arriostamiento cuyo fin es el de enlazar una cimentación de una columna cargada excéntricamente, a otra cimentación de una columna interior. Las zapatas en voladizo pueden emplearse en lugar de las zapatas trapezoidales o rectangulares cuando la capacidad de carga permisible del suelo es alta y las distancias entre columnas en grande.

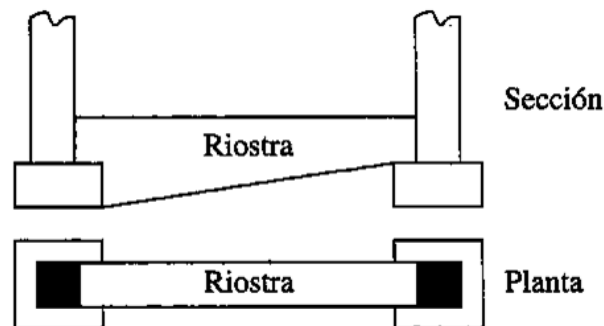


Figura 2.5. Zapata en voladizo: uso de viga de arriostamiento (Das, 2012).

### Losas de cimentación.

Es una losa continua de concreto reforzado sobre un área grande que se usa para soportar muchas columnas y muros (Figura 2.6). Las losas de cimentación se utilizan cuando la resistencia del terreno es muy baja o las cargas muy altas,

llevando el aumento del área necesaria, pudiendo llegar a ocupar toda la superficie edificada. Asimismo, resultan una solución adecuada ante la existencia de zapatas individuales que se encuentran próximas y cuya área combinada es mayor a la mitad del área de la edificación. Esta solución resulta económica debido a que el costo de la cimbra de una losa de cimentación es mucho menor que el costo de la cimbra para un gran número de zapatas aisladas. Este tipo de cimentación es útil para reducir los asentamientos diferenciales entre columnas; reducción que puede llegar a ser de 50% o mayor. Uno de los objetivos de la losa de cimentación es mantener la presión neta del suelo que se tenía previa a la construcción y para ello se busca retirar una cantidad de tierra aproximadamente igual al peso del edificio, por lo que las excavaciones suelen ser profundas.

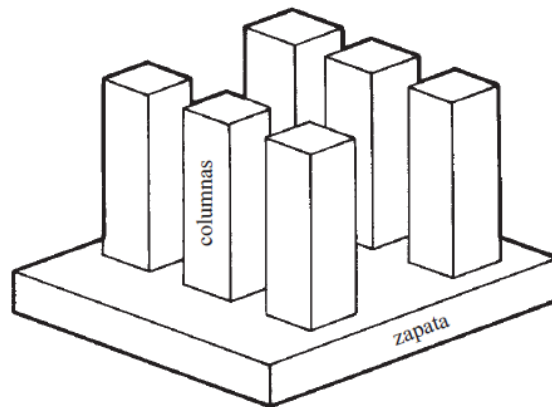


Figura 2.6. Losa de cimentación (McCormac & Brown, 2016).

Existen varios tipos de losas de cimentación, de las cuales se destacan las siguientes:

- a. De placa plana (Figura 2.7.a). En ésta la losa de cimentación es de espesor uniforme.
- b. De placa plana con mayor espesor bajo las columnas (Figura 2.7.b).
- c. De vigas y losas (Figura 2.7.c). Se construyen vigas en ambas direcciones de la losa y las columnas se ubican en la intersección de las vigas.
- d. De placas planas con pedestales (Figura 2.7.d).

- e. Losa con muro de sótano como parte de la placa (Figura 2.7.e). En ésta las paredes actúan como refuerzo de la losa.

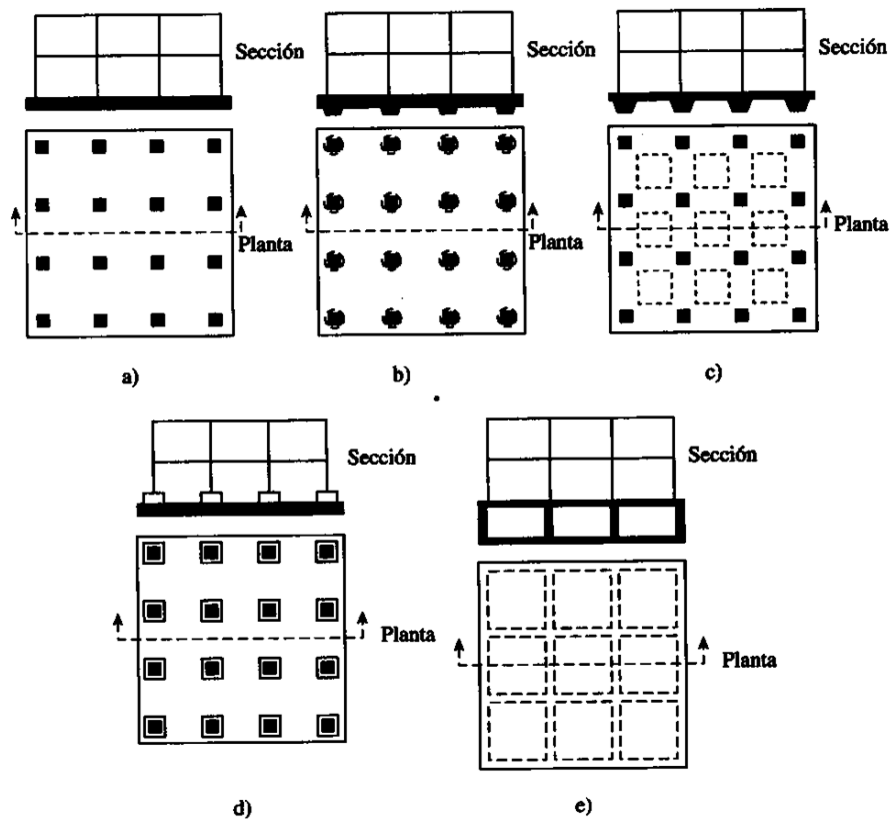


Figura 2.7. Tipos comunes de losas de cimentación (Das, 2012).

### Cabezas De Pilotes.

Son losas de concreto reforzado que se usan para distribuir las cargas de las columnas a grupos de pilotes (Figura 2.8). Esto ayuda a reducir el asentamiento de una construcción ubicada sobre suelo altamente compresible. Asimismo, cuando el nivel freático es alto, las losas suelen colocarse sobre pilotes para controlar su flotabilidad.

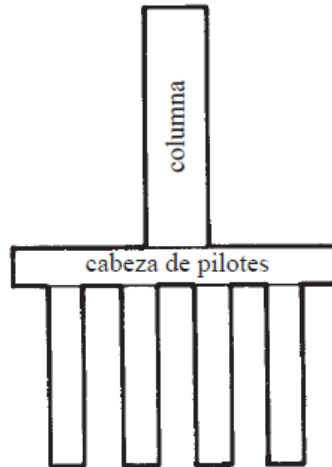


Figura 2.8. Cabeza de pilotes (McCormac & Brown, 2016).

Existen también variedades de cimentaciones combinadas en donde los tipos de cimentaciones previamente citadas se conjuntan con el fin de aprovechar los elementos estructurales de las mismas en función de las características del terreno de la manera más ventajosa para el proyecto y para la construcción.

## II.2. PRESIÓN DE LA CIMENTACIÓN SOBRE EL SUELO

La rigidez de las cimentaciones afecta la distribución de asentamientos y la distribución de presiones en el suelo subyacente, por ello, es de suma importancia estudiar al elemento que transmite la carga al terreno en función de su comportamiento y del tipo de suelo sobre el cual se sitúa.

Para realizar ese análisis se consideran dos casos: cuando la cimentación es flexible y cuando es rígida.

### **Cimentación Flexible.**

En el caso de un área uniformemente cargada y totalmente flexible las presiones que el elemento pasa al suelo serán idénticas a la presión uniforme sobre el área.

Asimismo, los asentamientos no serán uniformes, sino que se presentará el máximo al centro del área cargada y el menor en la periferia, esto suponiendo un comportamiento del medio cargado como idealmente elástico.

El asentamiento inmediato, es decir, excluyendo asentamientos por consolidación, de áreas flexibles con carga uniforme apoyadas en arcillas saturadas, adopta el perfil mostrado (Figura 2.9).

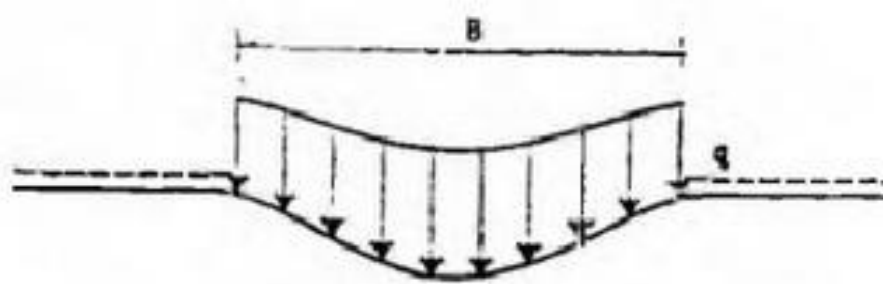


Figura 2.9. Perfil de asentamiento bajo un área uniformemente cargada sobre arcillas saturadas.  
(Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1998)

Cuando el área flexible descansa en arenas o gravas, el perfil de asentamiento difiere en relación al que se genera sobre las arcillas puesto que, la rigidez en arenas y gravas aumenta con el confinamiento, el cual es máximo al centro del área cargada (Figura 2.10).

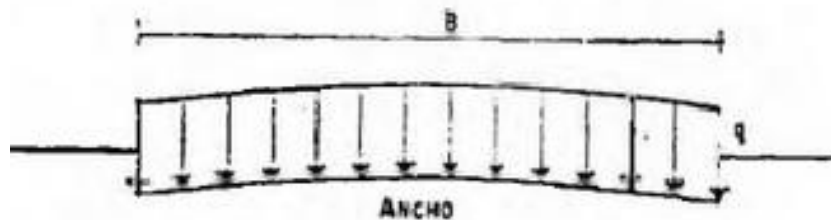


Figura 2.10. Perfil de asentamiento bajo un área uniformemente cargada sobre arenas o gravas (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1998).

### Cimentación Rígida.

Cuando la transmisión de cargas al suelo es a través de una placa infinitamente rígida, ésta se asentará uniformemente, pero la presión de contacto entre la placa y el medio no será uniforme (Figura 2.11). Para lograr un asentamiento uniforme en el medio homogéneo y elástico, la presión deberá disminuir en el centro y aumentar en las orillas. En la práctica, este comportamiento se parece al de una arcilla saturada.

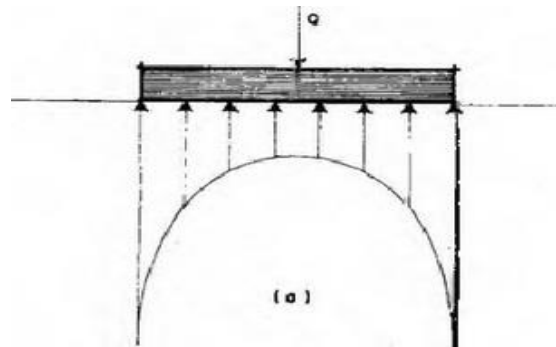


Figura 2.11. Distribución de presiones bajo una placa infinitamente rígida cargada sobre arcillas saturadas (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1998).

Analizando ahora el caso para un suelo cuya rigidez aumenta con el confinamiento se observa una distribución en donde la presión es máxima bajo el centro del área cargada y menor bajo la periferia, como se muestra en la Figura 2.12. Este caso representa aproximadamente la distribución real de presión bajo una placa rígida colocada sobre arena o grava.

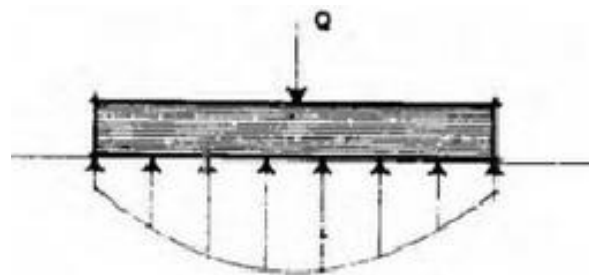


Figura 2.12. Distribución de presiones bajo una placa infinitamente rígida cargada sobre arena o grava (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1998).

### II.3. DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES EN ZAPATAS CORRIDAS

La función de una cimentación es, transmitir al suelo las cargas que recibe de la superestructura, como respuesta, el suelo ejerce presiones sobre la cimentación, mismas cuya distribución en la superficie de contacto cimentación-suelo son muy variables pues dependen de la estructura del suelo y de las rigideces relativas de ambos elementos.

Una solución al problema de distribución de presiones se obtiene al considerar un modelo en el que el suelo se supone como un espacio semi infinito, homogéneo, isótropo y de comportamiento lineal bajo una zapata infinitamente rígida. Debe considerarse que la no linealidad del comportamiento del suelo y de la cimentación alterará los resultados obtenidos con estas teorías.

En cimentaciones continuas la distribución de presiones sobre el suelo se encuentra afectada por los movimientos diferenciales en los apoyos, los cuales también generan fuerzas internas en la cimentación. Lo anterior es de suma importancia sobre todo ante suelos con alta compresibilidad.

Se busca que en este tipo de cimentación la distribución de presiones cumpla con las condiciones siguientes:

- Equilibrio global. Las resultantes, tanto de reacciones del suelo sobre la cimentación como de las cargas aplicadas, deben coincidir.
- Equilibrio local en la cimentación.
- Coincidencia de hundimientos del suelo y de la cimentación.

En función de las condiciones anteriores se han desarrollado diferentes métodos de análisis para cimentaciones continuas, los cuales se describen brevemente en los párrafos siguientes.

Una solución implicaría el análisis de un modelo estructura-cimentación-suelo donde se considera que el suelo tiene un comportamiento lineal, sin embargo,

resulta un trabajo complejo de realizar que puede proporcionar datos poco fiables ante suelos de alta compresibilidad.

El criterio de análisis propuesto por Rosenblueth, para cimentaciones continuas sobre suelos compresibles, consiste en analizar la cimentación y el suelo por separado proponiendo en ambos una distribución de presiones que logre la coincidencia de la deformación de la cimentación con los hundimientos del suelo. En este procedimiento es aceptable la existencia de discrepancias entre las dos configuraciones de desplazamientos siempre que éstos permanezcan dentro de los valores de asentamientos diferenciales admisibles.

Otro método de análisis se basa en la suposición de una relación lineal esfuerzo-deformación del suelo y consiste en utilizar un modelo que sustituye al suelo por una cama de resortes.

### Zapata Rectangular Corrida

Para generar una distribución uniforme de presiones, bajo una zapata rectangular corrida, es necesario que la resultante de las cargas de las columnas pase por el centroide de la cimentación. A continuación, se presenta el procedimiento de análisis para la zapata mostrada en la Figura 2.13, que servirá para el cálculo de cimentaciones semejantes.

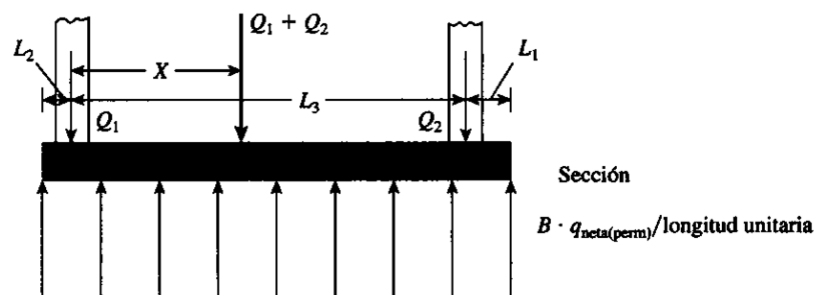


Figura 2.13. Presiones bajo zapata rectangular corrida (Das, 2012).

Primero se determina el área de la cimentación en función de las cargas  $Q_i$  transmitidas por las columnas y de la capacidad de carga permisible neta del suelo  $q_{perm(neta)}$ .

$$A = \frac{Q_1 + Q_2}{q_{perm(neta)}} \quad \text{Ec. 2.1.}$$

Luego se determina la ubicación de la resultante de las cargas de las columnas

$$X = \frac{Q_2 L_3}{Q_1 + Q_2} \quad \text{Ec. 2.2.}$$

La longitud  $L$  de la cimentación se calcula de forma tal que la resultante de las cargas de las columnas pase por el centroide de la cimentación, esto se logra duplicando la longitud perteneciente a la resultante de las cargas desde el extremo izquierdo de la zapata (Figura 2.13). Cabe señalar que la longitud  $L_2$  depende de la distancia al lindero de la propiedad.

$$L = 2(L_2 + X) \quad \text{Ec. 2.3.}$$

Una vez determinada la longitud  $L$ , se busca la distancia  $L_1$  que va del punto de aplicación de la carga  $Q_2$  al extremo derecho de la zapata (Figura 2.13).

$$L_1 = L - L_2 - L_3 \quad \text{Ec. 2.4.}$$

Finalmente, se llega a la obtención del ancho  $B$  de la cimentación que se despeja de la ecuación del área de un rectángulo  $A=B \times L$ .

$$B = \frac{A}{L} \quad \text{Ec. 2.5.}$$

#### II.4. DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES DEL SUELO EN FUNCIÓN DEL MÓDULO DE SUBRASANTE

La suposición de una distribución lineal de presiones es comúnmente usada ya que proporciona resultados satisfactorios, en la mayoría de los casos, debido a su estimación conservadora de cargas y a los factores de seguridad aplicados al material y al suelo (ACI Committee 336, 2002). Sin embargo, si se asume que la zapata corrida tendrá una losa flexible, ésta puede ser analizada como una viga sobre base elástica usando el método encontrado por Bowles (1974, 1982); Hetenyi (1946); Kramrisch y Rogers (1961); o Kramrisch (1984). De acuerdo a Bowles (1982), el método del elemento finito MEF es el medio más eficiente para resolver una viga sobre base elástica debido a que, es fácil considerar condiciones de contorno, el peso de la viga, y la no linealidad del suelo, pero es necesario un equipo de cómputo.

Según el modelo mecánico, la relación entre la presión ejercida por la cimentación  $q$  [ $F/L^2$ ] y el desplazamiento vertical (asentamiento)  $y(x)$  [ $L$ ], en función de la coordenada longitudinal  $x$ , es la siguiente:

$$q(x) = k_s \cdot y(x), \quad k_s(x) > 0; \quad \text{Ec. 2.6.}$$

Donde  $k_s(x)$  es el “módulo de reacción de subrasante” [ $F/L^3$ ], originalmente asumido como la constante de proporcionalidad y definida como:

$$k_s = \frac{q}{y} \quad \text{Ec. 2.7.}$$

El módulo de reacción de subrasante es también llamado módulo de Winkler, coeficiente de balasto, coeficiente de reacción de la subrasante o coeficiente de Sulzberger. Debido a que en la actualidad los softwares de análisis estructural llaman a esta propiedad “Módulo de subrasante”, en la presente tesis se empleará este nombre.

Para el análisis de viga sobre base elástica, es necesario determinar el valor del módulo de reacción de la subrasante y para esto, existen varios procedimientos:

- a. Estimación del valor empleando una fuente publicada (Bowles, 1974, 1982, y 1984; Kramrisch 1984; Terzaghi 1955).
- b. Estimación del valor realizando una prueba de placa.
- c. Estimación del valor en un laboratorio o una prueba in situ para determinar los parámetros elásticos del suelo (Bowles, 1982).
- d. Usando uno de los precedentes métodos de estimación del módulo de subrasante, pero, además considerando la respuesta en función del tiempo en que permanecen actuando las cargas.

#### **II.4.1 Prueba De Carga De Placa.**

La prueba de carga con placa es un ensaye geotécnico realizado in situ para determinar las propiedades de deformabilidad y de resistencia al esfuerzo cortante, evaluando la relación entre una presión aplicada por una placa de acero rígida y su penetración en el suelo o enrocamiento, en función del tiempo. El empleo de esta prueba sirve para establecer los parámetros de deformabilidad y estimar la capacidad de carga última y la resistencia al esfuerzo cortante de los geomateriales debajo de la placa, únicamente donde esta tiene influencia. Con esta prueba se determina el módulo de reacción, para el diseño de cimentaciones.

Esta prueba puede ser llevada a cabo en la superficie del suelo o terraplén o en el fondo de un foso, una zanja o un pozo a cielo abierto. Además, es aplicable en casi todos los suelos, rocas, enrocamientos y rellenos, sin embargo, sólo da información del suelo a una profundidad de no más de tres veces el diámetro de la placa y únicamente toma en cuenta parte de la influencia del tiempo. Por esto último, la prueba no es recomendable en arcillas y limos blandos.

La prueba consiste en aplicar carga normal sobre la superficie plana del suelo, produciéndose desplazamientos por dicho efecto. La carga sobre la masa de suelo se aplica con un sistema de gatos hidráulicos, los cuales reaccionan con una viga

sujeta a un sistema de anclaje o empotramiento, o un peso muerto (Figura 2.14). Esta prueba también puede ejecutarse horizontalmente, siempre que se cuente con la reacción necesaria para aplicar la carga. Los resultados se representan en un diagrama esfuerzo-deformación donde la información obtenida del suelo corresponde a una profundidad del orden de dos veces la anchura o diámetro de la placa. Los resultados de estos ensayos se expresan con la letra “ks”.



Figura 2.14. Ejecución de la prueba de carga de placa (Imagen obtenida de la web).

Los datos que se pueden obtener a partir de este ensayo son:

- Características de la curva esfuerzo-deformación del suelo.
- Módulo de reacción o coeficiente de Balasto (ks).
- Capacidad de carga del última del suelo.

Del diagrama esfuerzo-deformación se determina la rigidez del suelo, esto a partir de una secante generada sobre un nivel medio de presiones a las que se prevé va a estar sujeta la cimentación (Figura 2.15). Esta rigidez se toma como módulo de reacción unitario propio de un área cargada correspondiente a la placa empleada.

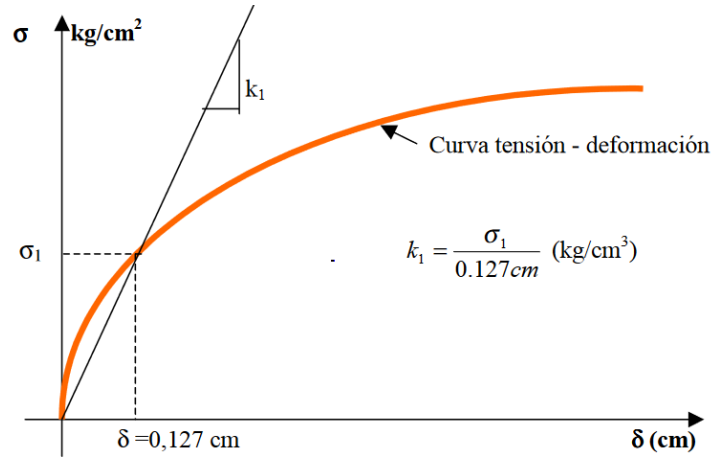


Figura 2.15. Obtención del módulo de reacción del suelo por medio la gráfica obtenida en la prueba de placa (Leoni, s.f.).

### II.4.2 Valores Orientativos Del Módulo De Subrasante.

Existen tablas con valores de módulos de reacción para suelos comunes en distintas condiciones, sin embargo, cabe señalar que este tipo de datos son orientativos puesto que las propiedades del suelo están en función de múltiples variables y no pueden estandarizarse. Terzaghi propuso los valores de módulos de reacción de la Tabla 2.1

Tabla 2.1. Valores del módulo de reacción  $K_s$ , para diferentes tipos de suelo propuestos por Terzaghi (Meli, 2007).

Tipo de suelo	$K_s$ Kg/cm <sup>3</sup>		
** Suelo fangoso	0.50	a	1.50
* Arena seca o húmeda, suelta ( $N_s$ 3 a 9)	1.20	a	3.60
* Arena seca o húmeda, media ( $N_s$ 9 a 30)	3.60	a	12.00
* Arena seca o húmeda, densa ( $N_s$ 30 a 50)	12.00	a	24.00
* Grava fina con arena fina	8.00	a	10.00
* Grava media con arena fina	10.00	a	12.00
* Grava media con arena gruesa	12.00	a	15.00
* Grava gruesa con arena gruesa	15.00	a	20.00
* Grava gruesa firmemente estratificada	20.00	a	40.00

** Arcilla blanda ( $q_u$ 0.25 a 0.50 kg/cm <sup>2</sup> )	0.65	a	1.30
** Arcilla media ( $q_u$ 0.50 a 2.00 kg/cm <sup>2</sup> )	1.30	a	4.00
** Arcilla compacta ( $q_u$ 2.00 a 4.00 kg/cm <sup>2</sup> )	4.00	a	8.00
Arcilla margosa dura ( $q_u$ 4.00 a 10.00 kg/cm <sup>2</sup> )	8.00	a	21.00
Marga arenosa rígida	21.00	a	44.00
Arena de miga y tosco	22	a	110
Marga	22	a	2200
Caliza margosa alterada	150	a	220
Caliza sana	885	a	36000
Granito meteorizado	30	a	9000
Granito sano	1700	a	3600
<p>Ns = Número de golpes en una prueba de penetración estándar.                  * = Sí están sumergidos los terrenos granulares se tomarán con <math>K_{s1}</math> igual a los de la tabla multiplicados por 0.60.                  ** = Los valores considerados corresponden a cargas de corta duración.                  Si se consideran cargas permanentes que produzcan consolidación, se multiplicará el valor <math>k_{s1}</math> de la tabla por 0.25.  <math>q_u</math> = Resistencia del suelo.</p>			

Tabla 2.2. Valores del módulo de reacción  $K_s$ , propuestos por varios autores (Olmos Martínez, 2003).

TIPO DE TERRENO	$K_s$
	Kp/cm <sup>3</sup>
Arena floja	1.0 – 3.0
Arena media	3.0 – 9.0
Arena compacta	9.0 – 20.0
Grava arenosa floja	7.0 – 12.0
Grava arenosa compacta	12.0 – 30.0
Arcilla $q_u < 2$ kg/cm <sup>2</sup>	1.5 – 3.0
Arcilla $q_u = 2 - 4$ kg/cm <sup>2</sup>	3.0 – 6.0
Marga arcillosa	20.0 – 40.0
Rocas alteradas	30 – 500
Rocas sanas	800 - 30000

## II.5. TIPOS DE FALLAS EN ZAPATAS

Una falla o hundimiento del terreno se produce cuando el aumento de carga vertical, actuante sobre la cimentación, no guarda proporción con los asentamientos inducidos en el suelo.

En función de los ensayos a escala reducida del comportamiento de zapatas en arena, de Vesic (1967), se identificaron tres tipos o formas de fallas en zapatas: general, local y por punzonamiento.

### Falla Por Punzonamiento.

En la falla por punzonamiento se observa un corte del terreno en la periferia de la cimentación generado por el hundimiento de la misma, el cual causa poca afectación del terreno colindante (Figura 2.16). Por su parte, en la zapata se origina una concentración de fisuración alrededor de su perímetro, pero sin superficies de rotura definidas. Este tipo de falla se presenta en arenas muy flojas y en arcillas muy blandas, también en estratos duros o compactos de poco espesor apoyados sobre estratos blando o flojos.

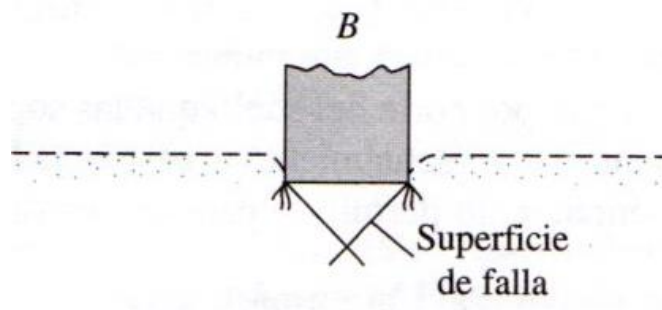


Figura 2.16. Esquema de falla de corte por punzonamiento del suelo según Vesic (Das, 2012).

### Falla Local.

Es la generación de una superficie de falla bajo la zapata que no aflora a la superficie (Figura 2.17). Se origina ante el aumento de cargas, que no llevan a la falla general, y que al inicio producen un asentamiento que plastifica el suelo en los bordes de la zapata, y posteriormente, generan un hundimiento repentino que incrementan los asentamientos. Este tipo de falla se observa en arenas poco compactas o fojas y en limos y arcillas blandas.

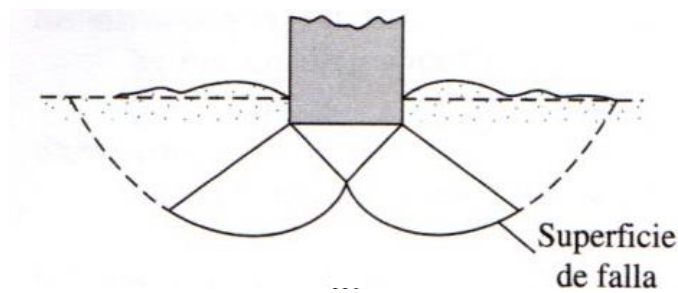


Figura 2.17. Esquema de falla local del suelo (Das, 2012).

### Falla General.

Se produce ante un valor máximo de presión de la zapata que genera un hundimiento súbito y continuo bajo la cimentación, también se manifiesta a ambos lados de la superficie de la zapata hasta cierta distancia. Esta forma de falla se presenta en arenas compactas, arcillas duras y arcillas a corto plazo de cualquier consistencia. (Figura 2.18)

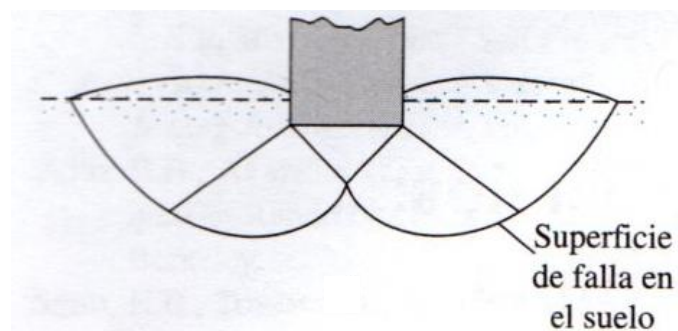


Figura 2.18. Esquema de falla general del suelo (Das, 2012).

### **III. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE ZAPATAS CORRIDAS CON MODELOS MATEMÁTICOS**

El comportamiento de una cimentación depende de las propiedades mecánicas del suelo subyacente (...) La distribución de esfuerzos entre suelo y cimentación depende de la interacción entre ambos sistemas, la cual no se presta generalmente a ser representada por medio de modelos sencillos (...) Por estas características, el análisis riguroso de una cimentación lleva generalmente a procedimientos muy complejos (...) Sin embargo, para estructuras de importancia no excepcional y en las que no se cuenta con información suficientemente precisa para aplicar dichos métodos refinados, se suele recurrir a procedimientos simplistas basados en hipótesis muy burdas del comportamiento de los suelos. (Meli, 2007)

#### **III.1. MÉTODO CONVENCIONAL DE ANÁLISIS**

El método convencional de análisis para zapatas corridas, citado así en el libro “Diseño Estructural” (Meli, 2007), es un procedimiento rústico y simplista que permite tener una estimación aproximada de las condiciones que se presentan cerca de la falla.

En este procedimiento se analiza la estructura como un sistema independiente de su cimentación y del suelo, y supone condiciones de apoyo fijo. Las reacciones que resultan en los apoyos se toman como cargas sobre la cimentación para el análisis de ésta y de su interacción con el suelo. Al analizar por separado la cimentación se busca que ésta cumpla con una distribución de presiones en equilibrio global, es decir, coincidencia entre la resultante de las reacciones del suelo sobre la cimentación con la resultante de las cargas aplicadas. Al finalizar el análisis, se comprueba que no se produzcan hundimientos excesivos en la cimentación ni en el suelo.

Para ejemplificar el procedimiento necesario para la obtención de momentos máximos en una zapata corrida, empleado el método convencional de forma manual, se analizará el modelo que se muestra a continuación.

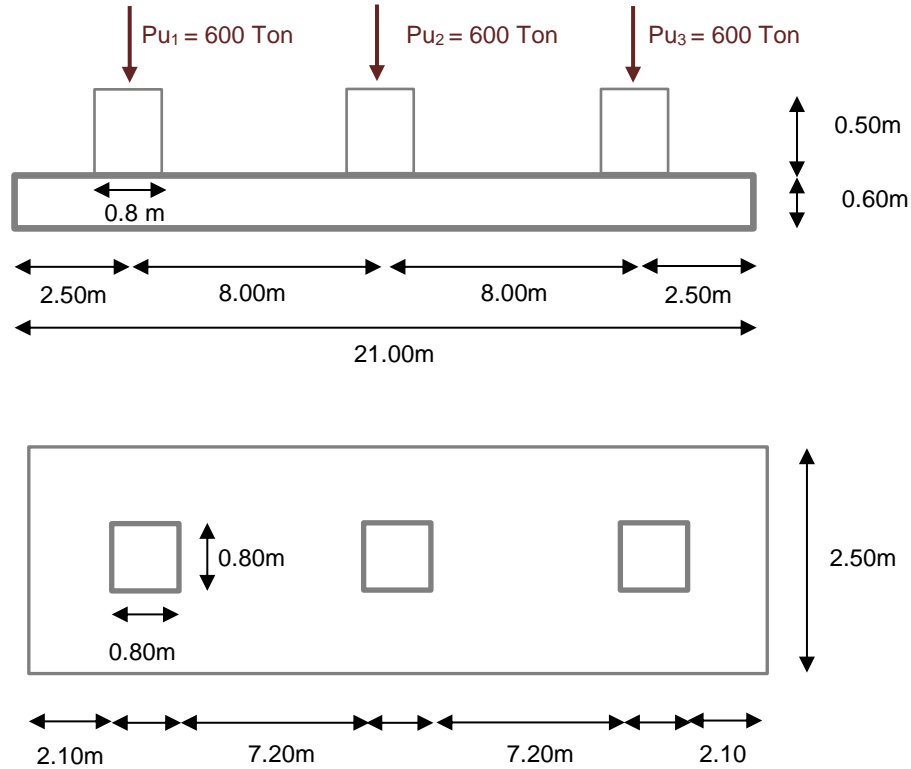


Figura 3.1. Esquemas en alzado (arriba) y en planta (abajo) correspondientes a la zapata corrida a analizarse en SAP2000v.20 (Elaboración propia).

Para poder llevar a cabo este análisis, es necesario que la reacción de la presión del suelo coincida con la reacción de las cargas aplicadas. En este caso, la zapata corrida es simétrica y las cargas son de la misma magnitud, en consecuencia, las reacciones estarán en equilibrio global.

En el modelo empleado, las cargas aplicadas sobre los dados se transforman a carga uniformemente distribuida al dividir cada una de éstas entre su correspondiente ancho de dado.

$$\omega_{i \text{ DADO}} = \frac{P_i}{A_{i \text{ DADO}}}$$

Por su parte, la presión ejercida por el suelo sobre la zapata corrida se calcula como la suma de las cargas, aplicadas en cada dado, dividida entre el área de la losa.

$$P_{SUELO} = \frac{\sum P_i}{A_{TOTAL}}$$

Sin embargo, como este análisis considera a la cimentación como un elemento línea, la carga aplicada sobre la viga debe ser uniformemente distribuida, es decir, se multiplica la presión del suelo por el ancho de la losa. Cabe señalar que, se llega al mismo resultado dividiendo la carga total entre la longitud total de la zapata.

$$\omega_{SUELO} = P_{SUELO} \cdot a_{LOSA}$$

$$\omega_{SUELO} = \frac{\sum P_i}{L_{TOTAL}}$$

Finalmente, todas las cargas aplicadas en el modelo quedan como muestra la Figura 3.2.

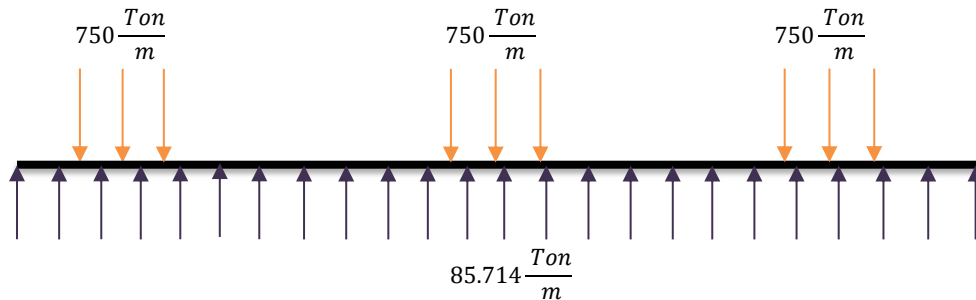


Figura 3.2. Esquema de cargas aplicadas sobre el modelo a analizar con el método convencional de análisis de zapatas corridas (Elaboración propia).

Puede demostrarse que el ancho de la losa no interviene en la determinación de momentos longitudinales puesto que, al dividir la presión del suelo entre el ancho de la losa, se obtienen cargas uniformes por metro. Esto se ejemplifica en la tabla siguiente.

Tabla 3.1. Comparativa de cargas distribuidas en zapata corrida al variar el ancho de losa.

Largo	Ancho	Área	Presión	Carga Distribuida
L	a	A	$q_u$	$\omega$
m	m	m <sup>2</sup>	Ton/m <sup>2</sup>	Ton/m
21.00	1.00	21.00	85.71	85.714
21.00	1.50	31.50	57.14	85.714
21.00	2.00	42.00	42.86	85.714
21.00	2.50	52.50	34.29	85.714
21.00	3.00	63.00	28.57	85.714

Para obtener el diagrama de momentos últimos de la zapata corrida mostrada en la Figura 3.1, se decidió emplear el método de las secciones con el fin de ejemplificar el procedimiento manual. Se sabe que, al ser una viga bajo equilibrio de presiones, las reacciones son nulas.

Primero, se secciona la viga en función de las cargas aplicadas en el elemento como se muestra en la Figura 3.3. Cabe señalar que, la viga y las cargas son simétricas así que es factible considerar sólo cuatro secciones en lugar de siete (ver Figura 3.3).

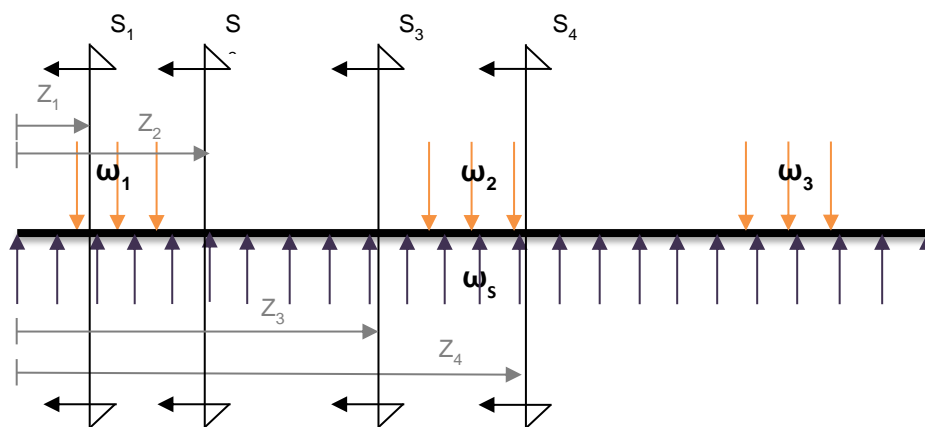


Figura 3.3. Esquema de secciones para análisis de zapata corrida (Elaboración Propia).

Luego se obtienen las ecuaciones que definen los cortantes y momentos en cada sección para posteriormente encontrar los momentos máximos.

Sección S<sub>1</sub> para 0.00m ≥ Z<sub>1</sub> ≤ 2.10m

$$M = \frac{Z_1^2 \cdot \omega_S}{2}$$

$$V = Z_1 \cdot \omega_S$$

Sección S<sub>2</sub> para 2.10m ≥ Z<sub>2</sub> ≤ 2.90m

$$M = \frac{Z_2^2 \cdot \omega_S}{2} - \omega_1 \cdot \frac{(Z_2 - 2.10m)^2}{2}$$

$$V = -Z_2 \cdot \omega_S + \omega_1 \cdot (Z_2 - 2.10m)$$

Sección S<sub>3</sub> para 2.90m ≥ Z<sub>3</sub> ≤ 10.10m

$$M = \frac{Z_3^2 \cdot \omega_S}{2} - \omega_1 \cdot 0.80m \cdot (Z_3 - 2.50m)$$

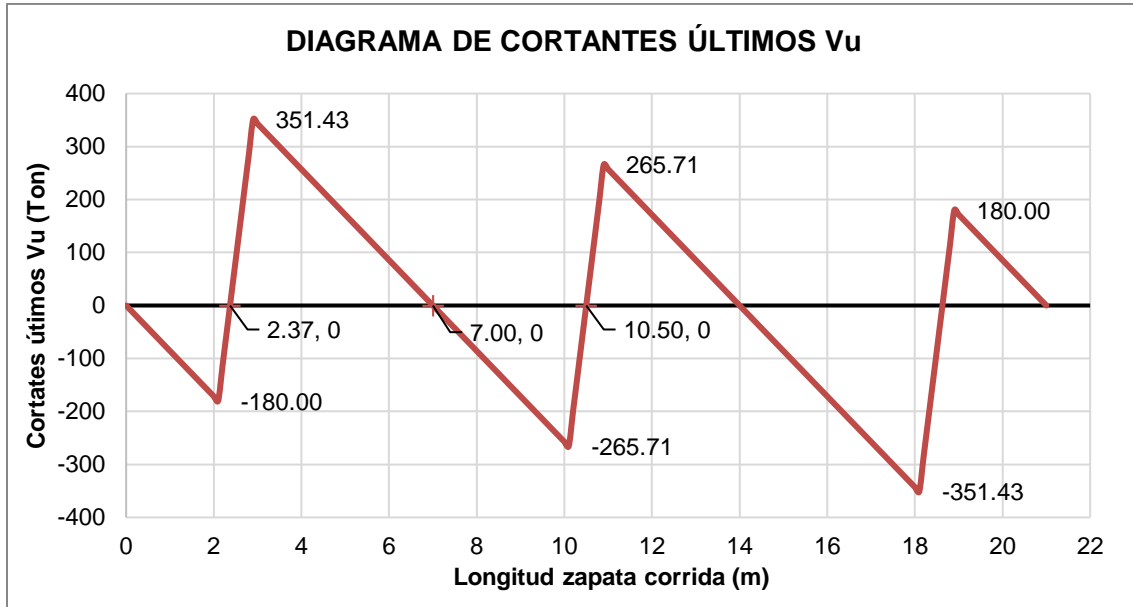
$$V = -Z_3 \cdot \omega_S + \omega_1 \cdot 0.80m$$

Sección S<sub>4</sub> para 10.10m ≥ Z<sub>4</sub> ≤ 10.90m

$$M = \frac{Z_4^2 \cdot \omega_S}{2} - \omega_1 \cdot 0.80m \cdot (Z_4 - 2.50m) - \omega_2 \cdot \frac{(Z_4 - 10.10m)^2}{2}$$

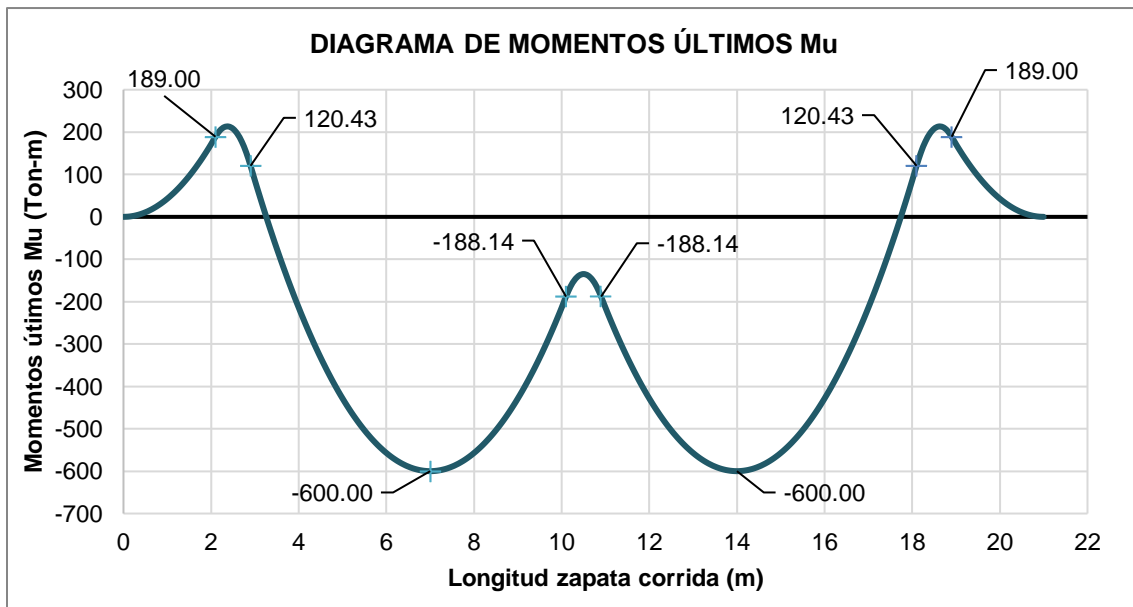
$$V = -Z_4 \cdot \omega_S + \omega_1 \cdot 0.80m + \omega_2 \cdot (Z_4 - 10.10m)$$

Finalmente, para la elaboración de los diagramas de fuerzas se emplearon hojas de cálculo de EXCEL donde fueron ingresadas las ecuaciones anteriores y graficados los resultados. El rango de valores de “Z” va de 0.00m a 21.00m en intervalos de 0.10m. A continuación, se muestran los diagramas de fuerzas obtenidos.



Gráfica 3.1. Diagrama de cortantes últimos máximos  $V_u$  obtenido por el método de las secciones y generado en hoja de cálculo EXCEL.

En la Gráfica 3.1 se indican las distancias donde el cortante es igual a cero ya que, allí es donde se localizan los valores máximos de momento (ver Gráfica 3.2).



Gráfica 3.2. Diagrama de momentos últimos máximos  $M_u$  obtenido por el método de las secciones y generado en hoja de cálculo EXCEL.

### III.1.1 Análisis Con Software Sap2000v.20

El programa estructural SAP2000v.20 es un software de elementos finitos preparado para realizar la modelación, análisis y dimensionamiento de problemas de ingeniería de estructuras. En la actualidad es uno de los softwares comerciales más empleados en la industria de las estructuras que, además provee de herramientas asequibles para su aprendizaje y manejo, como lo son: manuales, videos tutoriales, cursos en línea y cursos presenciales.

El programa representa los elementos estructurales a analizar por medio de objetos. Usando la interfaz gráfica el usuario dibuja la geometría del o los objetos necesarios, luego les asigna propiedades y cargas para definir completamente el modelo del elemento físico y convertir cada objeto insertado en uno o más elementos que serán analizados. Dentro de los objetos disponibles para modelar un elemento estructural en SAP 2000 encontramos:

- Objeto **Línea**:
  - Frame. Se usa para modelar vigas, columnas, tirantes y armaduras.

En el programa SAP2000v.20, las zapatas corridas pueden analizarse como vigas donde el objeto de línea *Frame* es la base del modelo. El elemento *Frame* es modelado como una línea recta que conecta dos puntos. Este tipo de objeto usa una formulación general de viga-columna, en tres dimensiones. La formulación del elemento no prismático permite dividir la longitud del elemento en cualquier número de segmentos sobre los cuales las propiedades pueden variar. Cada elemento *Frame* se puede cargar por gravedad, en cualquier dirección, múltiples cargas concentradas, múltiples cargas distribuidas, presiones y cargas debido al cambio de temperatura. Cabe destacar que, el elemento *Frame* activa los seis grados de libertad en sus dos uniones conectadas.

*Procedimiento De Análisis Con Sap2000 V.20.*

En el apartado anterior se muestra el procedimiento manual para la obtención de momentos máximos de una zapata corrida empleando el método convencional. En éste puede advertirse lo laborioso que resulta y la considerable cantidad de tiempo empleado. Por ello, para la realización del análisis convencional concerniente a los casos de estudios propuestos en la presente tesis, se decidió emplear el software SAP2000v.20. Este programa es una herramienta que facilita el estudio de zapatas corridas como viga bajo equilibrio de presiones, reduce el tiempo de análisis, provee de diagramas de momentos, cuenta con manuales de uso y es uno de los programas comerciales más renombrados en la industria. Cabe señalar que, para este estudio pueden emplearse todo tipo de software que analicen el elemento línea, por ejemplo: RAM, STAAD, MULTIFRAME, etc.

Para realizar una comparativa entre el procedimiento manual y el empleo del software SAP2000v.20, ambos con base en el método convencional, se analizará el mismo modelo mostrado en la Figura 3.1. Las dimensiones y cargas aplicadas sobre la zapata corrida ya han sido definidas, por lo tanto, se procede con la realización del modelo en el software SAP2000.v20. Éste se propone como una viga simplemente apoyada dividida en siete segmentos a la cual se le asignan cargas distribuidas de acuerdo al modelo mostrado en la Figura 3.2. Cabe mencionar que, únicamente se consideran las cargas últimas aplicadas sobre el modelo, es decir, no se contemplan cargas de peso propio ni del suelo sobre la losa de la zapata corrida. El modelo en SAP2000v.20 queda como lo muestra la Figura 3.4

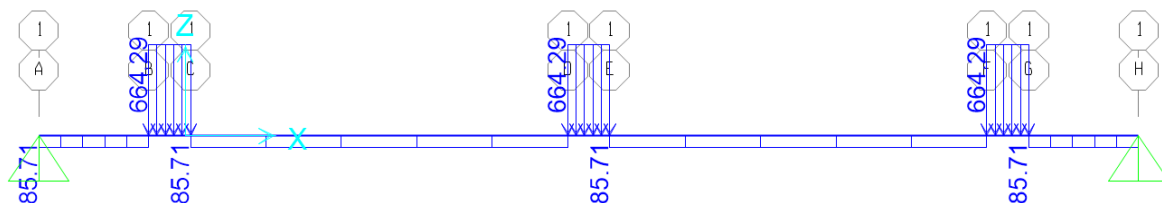


Figura 3.4. Cargas aplicadas sobre el modelo de zapata corrida diseñado en el software SAP2000v.20.

Definido el modelo y colocadas las cargas se continúa con la obtención de los momentos máximos. Para que los resultados mostrados en los diagramas de momentos del software SAP2000v.20 tengan mayor precisión se estableció, en la opción de *Output Stations*, que los elementos *Frame* que componen la viga se dividieran en 51 estaciones. El diagrama de momentos considerando la zapata corrida como una viga bajo equilibrio de presiones se muestra en la Figura 3.5

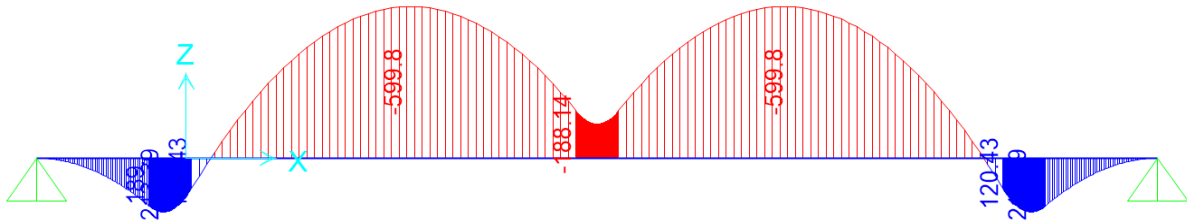


Figura 3.5. Diagrama de momentos últimos  $M_u$  obtenido en el software SAP2000v.20 analizando la zapata corrida como una viga bajo equilibrio de presiones.

Asimismo, las reacciones calculadas mostraron valores nulos debido al equilibrio de fuerzas bajo el cual se modela la zapata corrida (ver Figura 3.6).

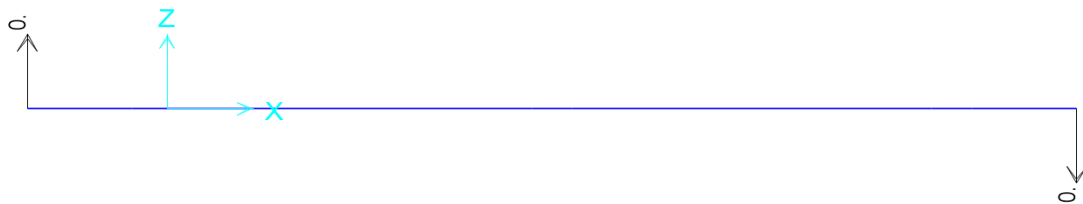


Figura 3.6. Esquema de reacciones calculadas con el software SAP2000v.20 para la zapata corrida en estudio.

El software SAP2000v.20 calcula además el diagrama de deformaciones, mismo que se presenta a continuación.



Figura 3.7. Diagrama de deformaciones calculado en el software SAP2000.

### III.2. MÉTODO DE CIMENTACIÓN CONTINUA SOBRE BASE ELÁSTICA

Cuando se toma en cuenta la rigidez a la flexión de la zapata corrida, ésta puede ser analizada como una viga sobre base elástica usando el método encontrado por Bowles (1974, 1982); Hetenyi (1946); Kramrisch y Rogers (1961); o Kramrisch (1984). De acuerdo a Bowles (1982), el método del elemento finito MEF es el medio más eficiente para resolver una viga sobre base elástica debido a que, es fácil considerar condiciones de contorno, el peso de la viga, y la no linealidad del suelo, pero es necesario un equipo de cómputo.

El modelo propuesto para este tipo de análisis fue establecido por Winkler en 1867, en el cual sustituyó el suelo por una cama de resortes. Winkler (1835-1888) implementó la ley de Hooke para predecir la curvatura de los carriles de ferrocarril con traviesas longitudinales en su libro “Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit” (Teoría de la elasticidad y la fuerza, 1867). Asumió la vía de ferrocarril como una viga infinita colocada sobre un soporte que consistía en una serie continua de muelles elásticos lineales verticales, estrechamente espaciados, mutuamente independientes, con comportamiento simétrico tanto para la tensión como para la compresión (soporte bilateral). Esta solución clásica no es de aplicación general como el caso del método del elemento finito.

Según el modelo mecánico, la relación entre la presión ejercida por la cimentación  $q$  [ $F/L^2$ ] y el desplazamiento vertical (asentamiento)  $y(x)$  [L], en función de la coordenada longitudinal  $x$ , es la siguiente:

$$q(x) = k_s \cdot y(x), \quad k_s(x) > 0; \quad \text{Ec. 2.8.}$$

Donde  $k_s(x)$  es el “módulo de reacción de subrasante” [ $F/L^3$ ], originalmente asumido como la constante de proporcionalidad y definida como:

$$k_s = \frac{q}{y} \quad \text{Ec. 2.9.}$$

### III.2.1 Análisis Con Software Safe2016.

SAFE2016 es un paquete de software de computadora, creado por la compañía Computers and Structures Inc., para el análisis, diseño y optimización de losas y cimentaciones de concreto armado, cuya base matemática es el método de los elementos finitos. El programa es actualizado periódicamente de acuerdo a los avances científicos y normatividad de mayor influencia en el mundo.

El análisis y diseño en el software SAFE 2016 requiere la descripción geométrica, propiedades y carga que definirán al modelo, mismas que serán reevaluadas y optimizadas cada vez que se obtengan resultados de análisis en el programa. Los objetos disponibles para el modelado del elemento corresponden a los mismos del software SAP2000.

Para analizar cimentaciones continuas, el programa SAFE2016, hace uso del elemento *Shell*, el cual es un objeto de área que se usa para modelar membranas, placas y cascarones de estructuras planas y de tres dimensiones.

El elemento *Shell* está constituido de tres o cuatro nodos que combinan el comportamiento de membrana y placa pandeada. Cada elemento puede cargarse por gravedad y cargas uniformes en cualquier dirección; por presión superficial en las caras superior, inferior y lateral; y a cargas debidas a esfuerzo y cambios por temperatura.

Para la rigidez del elemento *Shell* el programa usa una formulación de integración numérica de cuatro puntos (Computers & Structures, Inc., 2016). Los esfuerzos, fuerzas internas y momentos del elemento, en coordenadas locales, se evalúan en los puntos de integración Gauss de dos por dos y se extrapolan a las articulaciones del elemento. Se puede estimar una aproximación de error, en los esfuerzos del elemento o las fuerzas internas, a partir de la diferencia en los valores calculados de diferentes elementos unidos a una articulación común. Esto dará una indicación de la precisión dada a un elemento finito y puede tomarse como base para una posterior selección de nueva malla de elementos finitos que será más precisa.

El elemento Shell siempre activa los seis grados de libertad en cada una de sus uniones conectadas.

El software SAFE2016 emplea una malla rectangular para crear un modelo de elementos finitos (Computers & Structures, Inc., 2016). Esta malla rectangular puede generarse automáticamente por tres métodos: paralela y perpendicular al borde más largo del elemento, a partir del sistema de cuadrícula, o tomando como referencia los ejes locales de los objetos del área. La generación de la malla se ve influenciada por la ubicación de los objetos de losa, aberturas, vigas, columnas, paredes y resortes.

#### *Procedimiento De Análisis Con Safe2016.*

Para realizar el análisis estructural de zapatas corridas utilizando el programa de cómputo SAFE2016 es necesario definir los siguientes puntos:

- Dimensiones de la zapata corrida.
- Cargas últimas sobre la losa de la zapata (combinaciones LRFD).
- Cargas sobre dados de la zapata.
- Propiedades del suelo.

A continuación, se describe brevemente la metodología empleada para generar los modelos de zapatas corridas que se analizarán en la presente tesis. Para ello, se utilizará la zapata que se muestran a continuación.

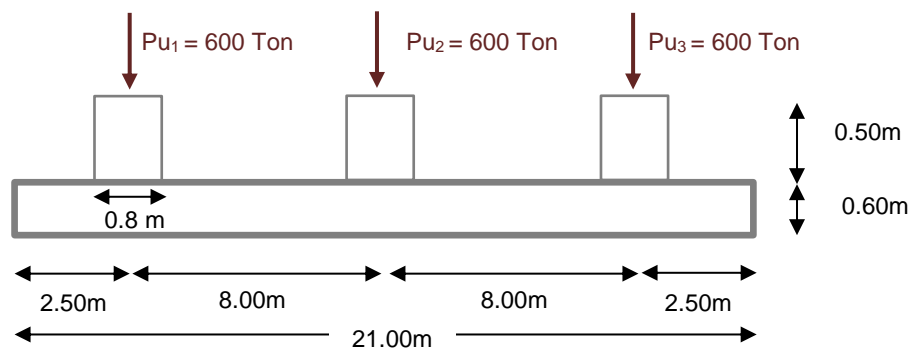


Figura 3.8. Esquemas en alzado de zapata a analizarse en SAFE2016 (Elaboración propia).

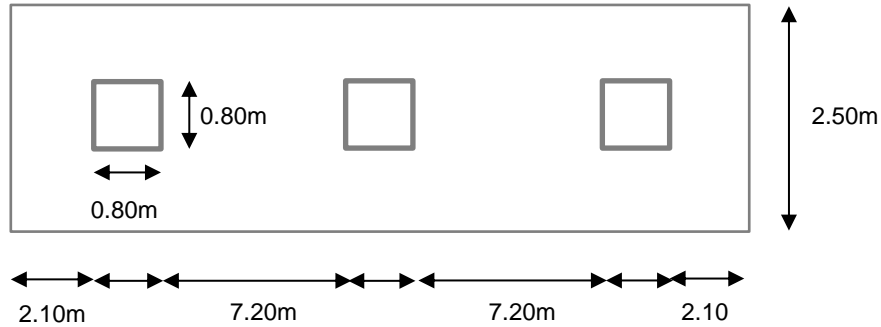


Figura 3.9. Esquemas en planta correspondientes a la zapata corrida a analizarse en SAFE2016 (Elaboración propia).

En el programa SAFE2016 lo que se define desde el principio son las unidades a emplear para el análisis estructural de la zapata corrida:

- Unidades: Ton, m, C

Los modelos de zapatas corridas se crearán a partir de la generación de mallas en las cuales se define el número de ejes, tanto en la dirección “x” como en la “y”, espaciados en función de la geometría de la cimentación propuesta.

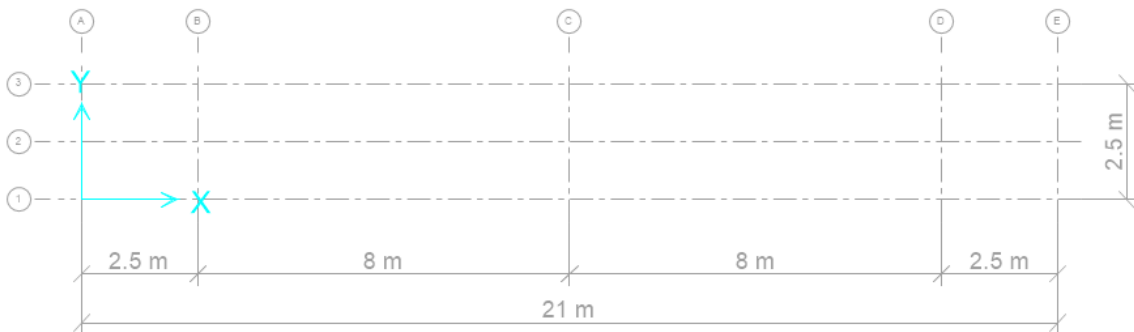


Figura 3.10. Mallado generado en software SAFE2016 para creación de modelo de zapata corrida.

Para la zapata corrida se empleará concreto con las siguientes propiedades:

- $E = 14000v_f'c$  Módulo elasticidad concreto.
- $U = 0.2$  Relación de Poisson.

La zapata corrida se compondrá de dos elementos generados a partir de la propiedad “*Slab*” del programa SAFE2016 y cada uno tendrá un diferente tipo de análisis, esto debido al análisis que realiza el programa para la obtención de los elementos mecánicos y el punzonamiento en la zona de las columnas:

#### Losa de la zapata

- Tipo de análisis: Footing (Elemento losa sobre terreno)
- Espesor: 60 cm

#### Dado

- Tipo de análisis: Stiff (Elemento rígido del cimiento)
- Espesor: 110 cm

Cabe señalar que se coloca como “espesor” de dado la distancia correspondiente a la profundidad de desplante “*Df*” menos el espesor de la losa.

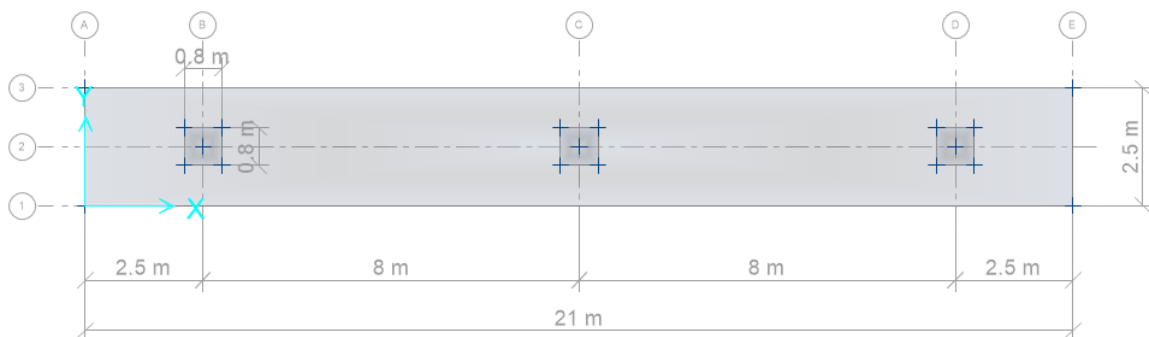


Figura 3.11. Elementos que componen el modelo para el análisis de zapata corrida en el software SAFE2016.

Ahora, se define el *módulo de subrasante* que soportará la zapata corrida del modelo. Dentro de las definiciones de esta propiedad se asume que el suelo trabaja únicamente a compresión “*Compression-Only*” y se asigna un valor  $k_s = 0.5 \text{ kg/cm}^3$

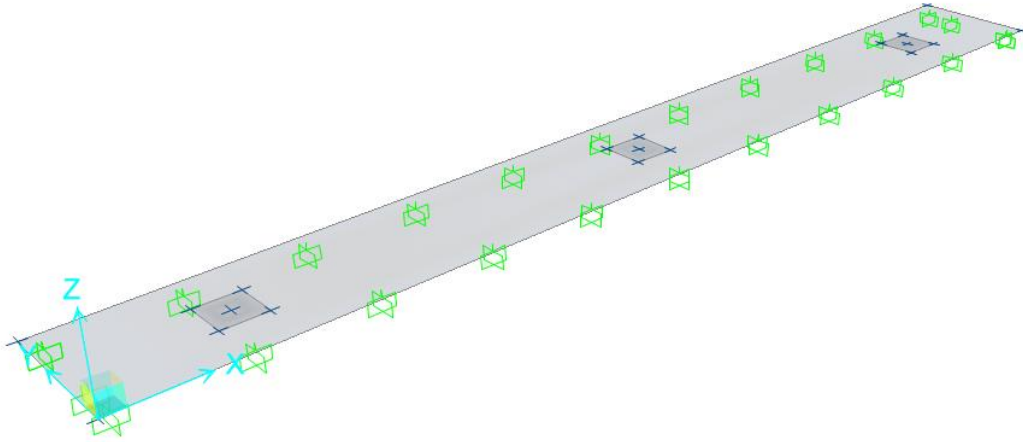


Figura 3.12. Representación gráfica del módulo de subrasante en el modelo de zapata corrida generado en el software SAFE2016.

Para el análisis se emplearán cargas puntuales últimas  $P_u$ , de misma magnitud, calculadas en función de combinaciones de carga LRFD. No se considera peso propio de la cimentación ni suelo sobre la losa de la zapata corrida.

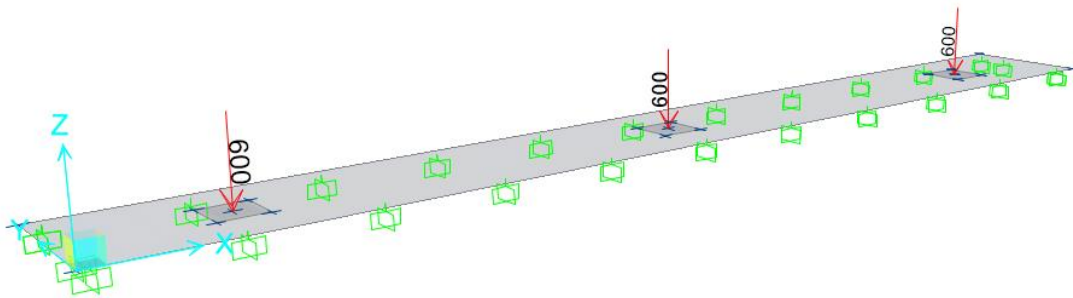


Figura 3.13. Cargas últimas  $P_u$  puntuales asignadas sobre los dados de zapata corrida en software SAFE2016 (unidades en Ton).

En lo que respecta al mallado de los objetos en el programa SAFE2016 se elegirá el uso de “Mallado Rectangular” con un tamaño máximo aproximado de 20cm.

Una vez realizado el modelo se corre el análisis para realizar el análisis de la zapata corrida, obteniéndose deformaciones, reacciones, esfuerzos y momentos.

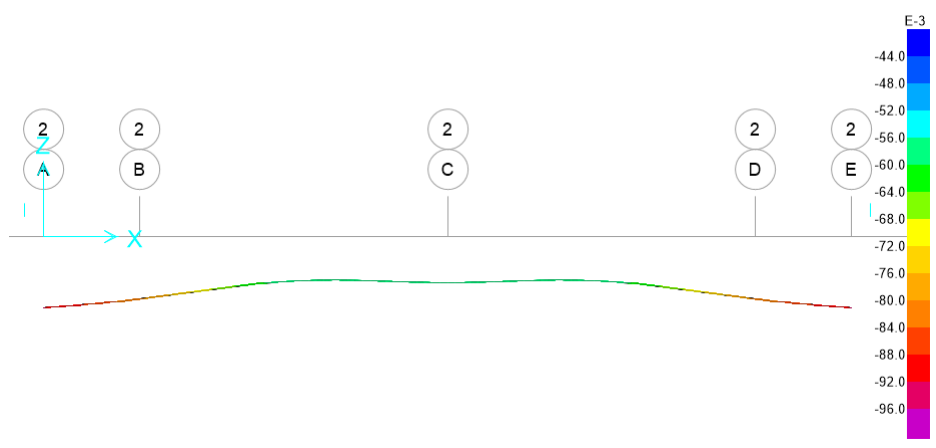


Figura 3.14. Diagrama de deformación de zapata corrida generado en software SAFE2016 (unidades en metros).

El diagrama de momentos últimos obtenido para el eje longitudinal de la zapata corrida se muestra en la Figura 3.15. Para la obtención de este diagrama es necesario asignar una línea de influencia que determina la longitud y ancho del área a analizar, llamada “Strip”. En este análisis se empleó una sola línea de ancho igual al de la zapata corrida en estudio, es decir, de 2.50m.

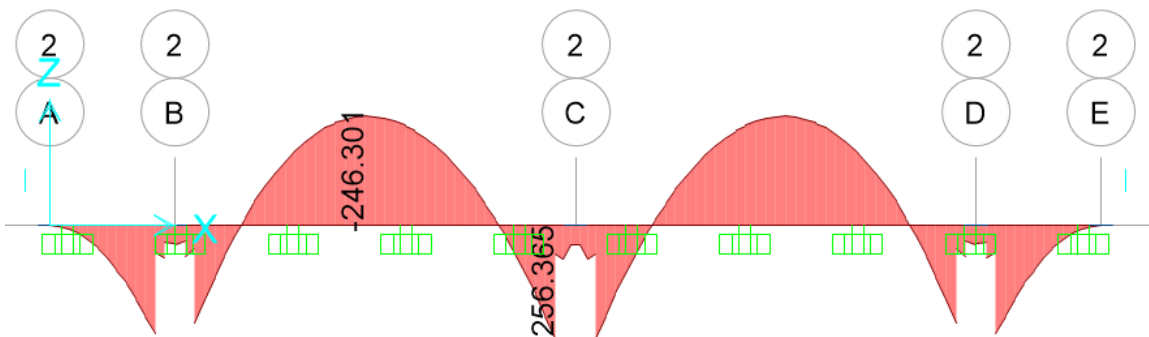


Figura 3.15. Diagrama de momentos de la sección longitudinal de la zapata corrida en el programa SAFE2016.

Puede observarse que el programa SAFE2016 delimita claramente la ubicación de los datos y no determina valores máximos de momentos en esta zona definida como “rígida” por el programa.

El modelo analizado con SAFE2016 es el mismo que se estudió empleando el método convencional, sin embargo, al considerar el módulo de subrasante en el análisis los momentos máximos obtenidos son diferentes y, por lo tanto, el diseño de la zapata corrida también.

Ahora bien, al modificar en el modelo el ancho de la losa la variación en los momentos últimos máximos, calculados con el software SAFE2016, varían ligeramente en función del valor de módulo de subrasante empleado.

Para ejemplificar el comportamiento observado, al analizar la variación del ancho de losa en zapatas corridas, se muestran a continuación gráficas de *Módulos de subrasante-Momentos máximos* generadas para un arreglo de zapatas corridas que tiene las características mostradas en la Figura 3.16

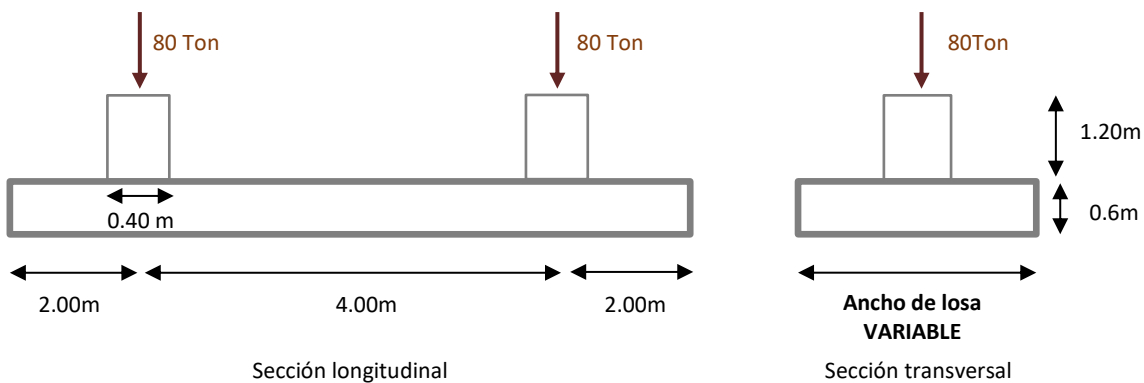
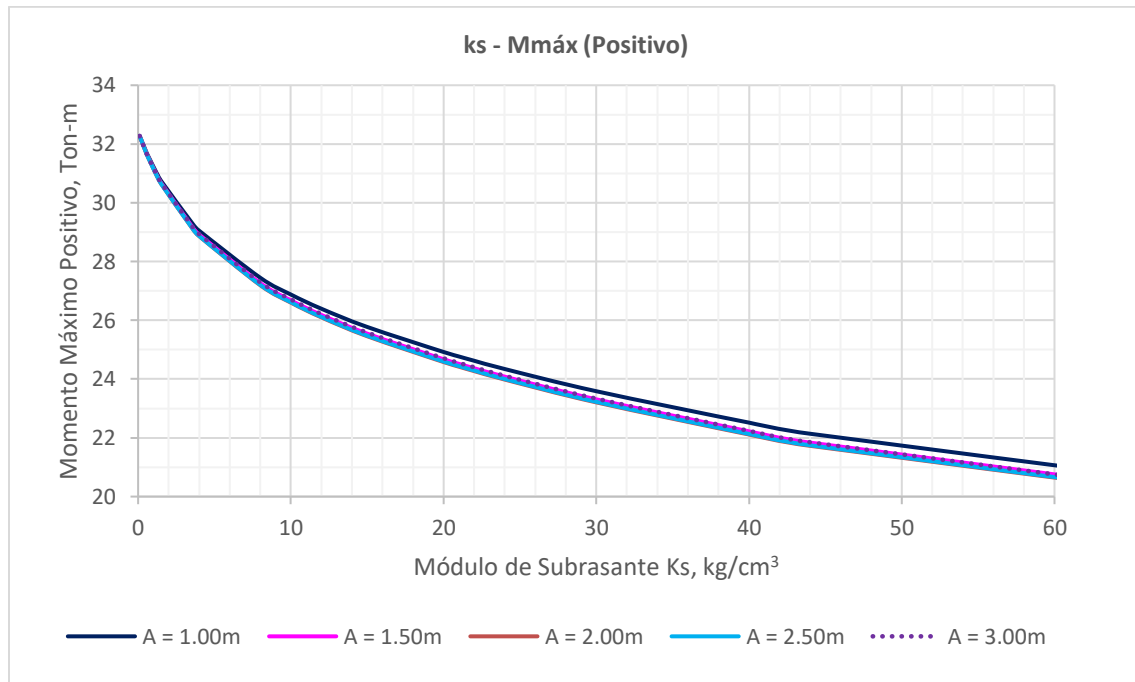


Figura 3.16. Esquema de zapata analizada para varios anchos de losa (Elaboración propia).

Los momentos máximos obtenidos empleando el software SAFE2016, se exponen en la Tabla 3.2 para momentos máximos positivos y en la Tabla 3.3 para momentos máximos negativos. En éstas es posible visualizar que, ante la variación de anchos de losa, el análisis refinado del MEF encuentra valores con diferencias intrascendentes entre cada ancho de losa propuesta. Esto denota la participación del ancho de losa en el cálculo de los momentos máximos longitudinales. Al graficar los datos de las tablas de momentos máximos se visualiza con mayor claridad la influencia del ancho de losa en los momentos máximos (ver Gráfica 3.3 y Gráfica 3.4).

Tabla 3.2. Momentos máximos positivos calculados con los softwares SAP2000v.20 y SAFE2016, para cinco anchos diferentes de zapata corrida.

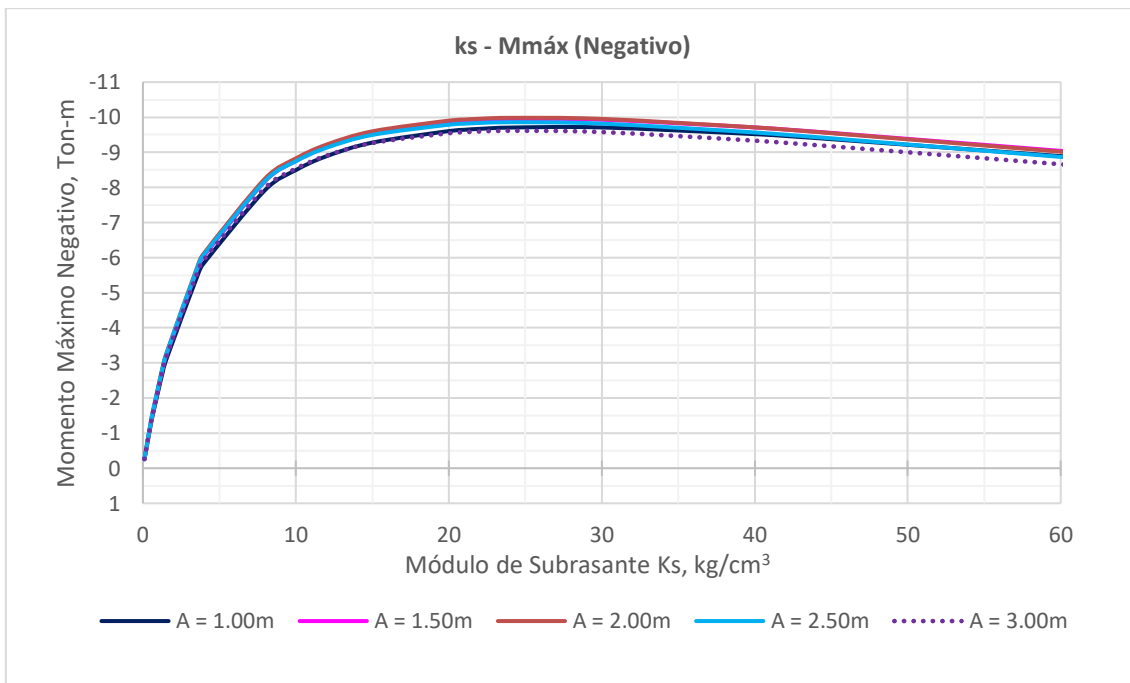
ks	SAFE2016				
	A = 1.00m	A = 1.50m	A = 2.00m	A = 2.50m	A = 3.00m
	Momentos máximos positivos				
kg/cm <sup>3</sup>	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m
0.1	32.280	32.274	32.271	32.271	32.273
0.50	31.773	31.745	31.732	31.732	31.744
1.20	31.025	30.966	30.939	30.940	30.966
1.50	30.747	30.677	30.646	30.647	30.678
4.00	29.047	28.917	28.861	28.867	28.930
8.00	27.447	27.266	27.192	27.205	27.293
10.00	26.877	26.681	26.601	26.616	26.711
20.00	24.921	24.674	24.579	24.598	24.706
24.00	24.342	24.083	23.983	24.003	24.111
30.00	23.586	23.310	23.206	23.225	23.333
40.00	22.517	22.222	22.113	22.132	22.236
44.00	22.138	21.837	21.727	21.746	21.847



Gráfica 3.3. Comportamiento de momentos máximos positivos en función de la variación del ancho de losa para una determinada zapata corrida sin contrarribes.

Tabla 3.3. Momentos máximos negativos calculados con los softwares SAP2000v.20 y SAFE2016, para cinco anchos diferentes de zapata corrida.

ks	SAFE2016				
	A = 1.00m	A = 1.50m	A = 2.00m	A = 2.50m	A = 3.00m
kg/cm <sup>3</sup>	Momentos máximos negativos				
	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m
0.1	-0.252	-0.263	-0.268	-0.267	-0.262
0.50	-1.205	-1.254	-1.276	-1.272	-1.244
1.20	-2.571	-2.673	-2.715	-2.704	-2.644
1.50	-3.065	-3.184	-3.232	-3.218	-3.147
4.00	-5.850	-6.055	-6.130	-6.090	-5.949
8.00	-7.930	-8.181	-8.260	-8.190	-7.993
10.00	-8.493	-8.751	-8.826	-8.745	-8.533
15.00	-9.277	-9.535	-9.598	-9.496	-9.263
20.00	-9.605	-9.855	-9.903	-9.787	-9.545
24.00	-9.705	-9.944	-9.982	-9.857	-9.613
30.00	-9.708	-9.929	-9.952	-9.818	-9.576
40.00	-9.517	-9.709	-9.710	-9.566	-9.332
44.00	-9.406	-9.587	-9.581	-9.434	-9.205



Gráfica 3.4. Comportamiento de momentos máximos negativos en función de la variación del ancho de losa para una determinada zapata corrida sin contratraves.

## IV. CASOS DE ESTUDIO EN ZAPATAS CORRIDAS

Para la obtención de correlaciones en el análisis estructural de zapatas corridas se determinó emplear dos métodos de análisis estructural:

- Viga sobre equilibrio de presiones. Se empleó el software SAP2000v.20 para obtener los momentos máximos.
- Análisis de zapata corrida con MEF. Se empleó el software SAFE2016 para obtener los momentos máximos.

Las consideraciones sobre los modelos empleados en cada método de análisis se explican detalladamente en el capítulo anterior.

Para la comparación de datos se consideraron modelos con la misma configuración geométrica y de carga. Por su parte, la recolección de datos se realizó a través de tablas de cálculo que sirvieron para generar gráficas de comparación entre ambos procedimientos. El programa empleado para observar correlaciones fue EXCEL del paquete Office Profesional Plus 2016.

Se decidió analizar los siguientes casos para zapatas corridas sin contrarribes:

- Incremento de cargas.
- Variación de espesor de losa.
- Variación de ancho de dados.
- Variación de geometría en extremos de losa.
- Variación de separación entre columnas.

### IV.1 Incremento De Cargas

En este caso de estudio se mantiene la configuración geométrica de la zapata corrida sin contratrabes, pero se replantea la configuración de cargas en forma equitativa. Una vez obtenidos los resultados del software SAFE2016 se observó proporcionalidad entre las acciones aplicadas y las reacciones obtenidas debida al análisis elástico-lineal que emplea el método refinado.

Para ejemplificar este caso de estudio, se muestra el modelo inicial empleado en la Figura 4.1 donde se especifica que las cargas son de igual magnitud sobre ambas columnas.

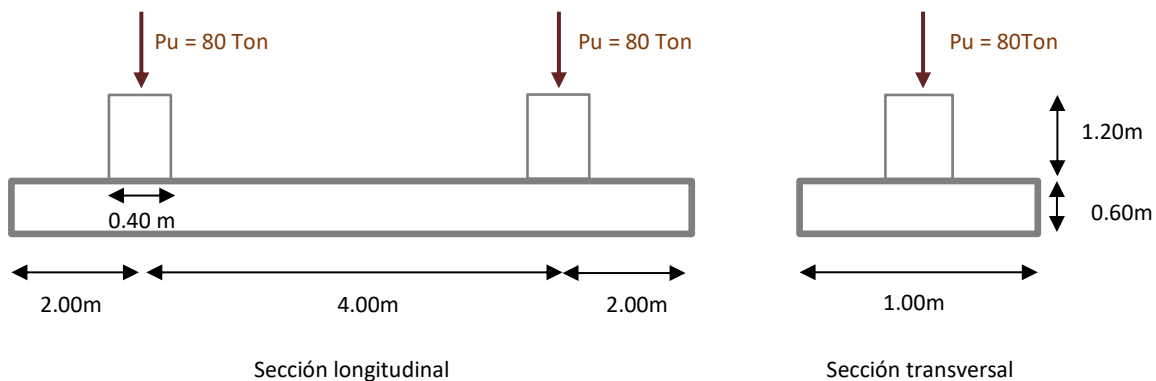


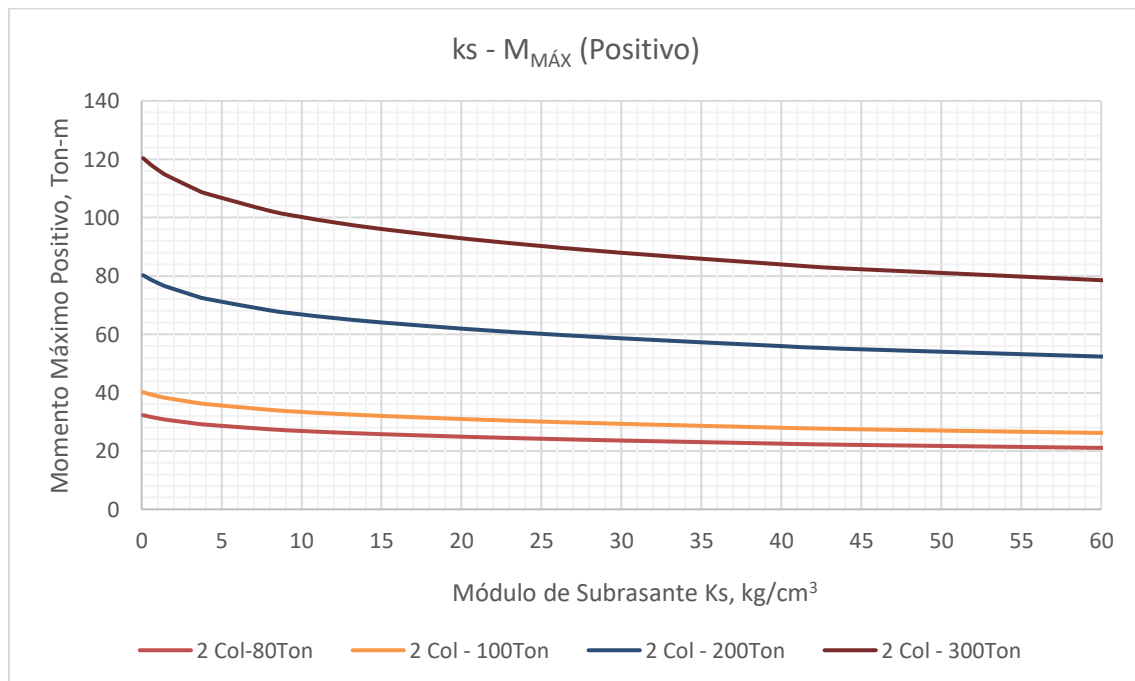
Figura 4.1. Esquema de zapata corrida sin contratrabes analizada para varias configuraciones de carga (Elaboración propia).

Las configuraciones de carga consideradas fueron: 80Ton, 100Ton, 200Ton y 300Ton. En la Tabla 4.1 se desglosan los momentos máximos obtenidos, para cada módulo de subrasante propuesto, en las distintas disposiciones de cargas. Es evidente la proporcionalidad guardada entre los resultados para cada módulo de subrasante.

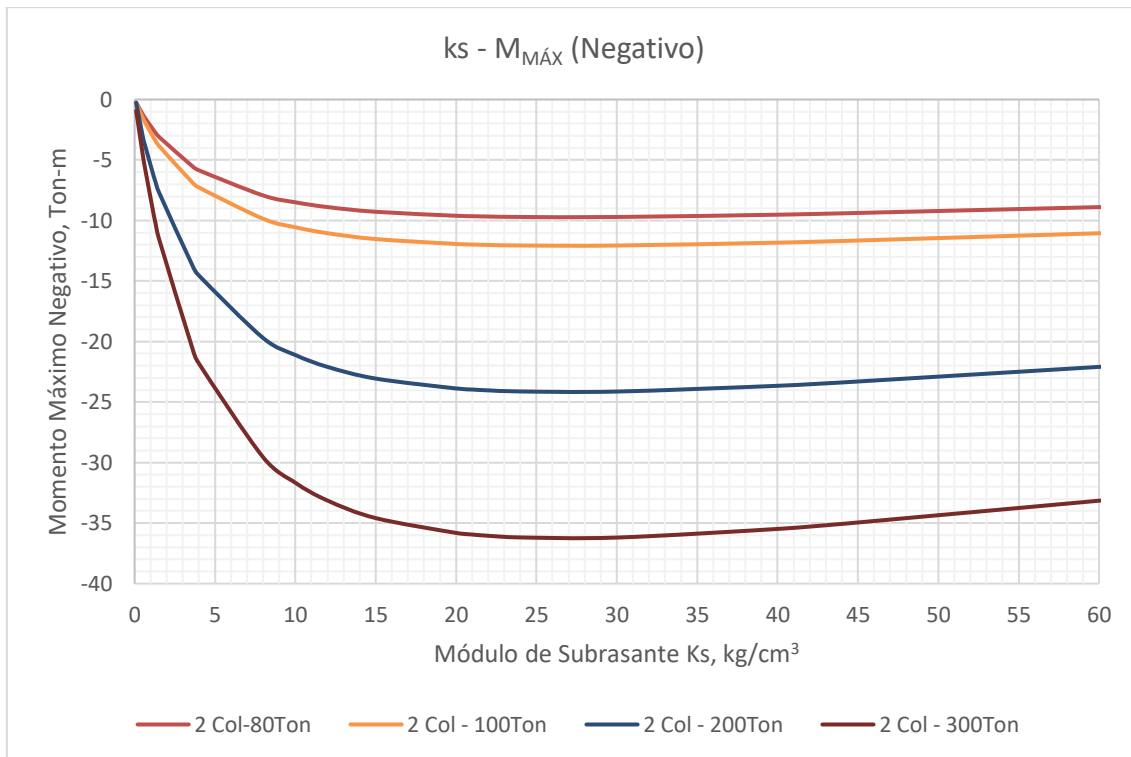
Tabla 4.1. Momentos máximos obtenidos, en zapatas corridas con dos columnas, para diferentes configuraciones de carga empleando SAFE2016.

ks	2 Col-80Ton		2 Col - 100Ton		2 Col - 200Ton		2 Col - 300Ton	
	Momentos Máximos							
	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
kg/cm <sup>3</sup>	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m
0.1	32.280	-0.252	40.119	-0.313	80.238	-0.270	120.356	-0.940
1.50	30.747	-3.065	38.213	-3.809	76.426	-7.619	114.639	-11.428
4.00	29.047	-5.850	36.101	-7.270	72.202	-14.540	108.304	-21.811
8.00	27.447	-7.930	34.112	-9.856	68.224	-19.713	102.335	-29.569
10.00	26.877	-8.493	33.404	-10.556	66.809	-21.111	100.213	-31.667
15.00	25.773	-9.277	32.032	-11.530	64.064	-23.060	96.096	-34.589
20.00	24.921	-9.605	30.973	-11.938	61.946	-23.876	92.919	-35.814
24.00	24.342	-9.705	30.254	-12.062	60.508	-24.124	90.762	-36.186
30.00	23.586	-9.708	29.313	-12.065	58.626	-24.131	87.939	-36.197
40.00	22.517	-9.517	27.986	-11.828	55.971	-23.656	83.957	-35.484

Los resultados de la Tabla 4.1 se muestran en la Gráfica 4.1 y en la Gráfica 4.2, donde se observa claramente la proporcionalidad entre los momentos máximos obtenidos en SAFE2016 en función del módulo de subrasante.



Gráfica 4.1. Comportamiento de momentos máximos positivos en función de la variación de configuración de cargas en una zapata corrida sin contratrabes.



Gráfica 4.2. Comportamiento de momentos máximos positivos en función de la variación de configuración de cargas en una zapata corrida sin contratrabes.

Al incrementar las cargas últimas en el modelo, el incremento de los momentos máximos presenta una variación lineal debido al comportamiento elástico-lineal que se considera tiene el módulo de subrasante. Recuérdese que el módulo de subrasante es la constante de proporcionalidad que existe entre la presión ejercida por la cimentación y el asentamiento generada en el suelo.

Este comportamiento lineal permite el cálculo de *coeficientes de carga* que facilitan la obtención de momentos máximos para cualquier configuración de carga similar a la estudiada. Esta propiedad fue empleada para la creación de *tablas de coeficientes  $\delta$*  que atañen a la presente tesis.

## IV.2 Variación De Espesor De Losa.

Cuando se estudian casos de zapatas corridas donde únicamente se modifica el espesor de losa dentro de la configuración propuesta, se observa que los momentos máximos calculados con el software SAFE2016 no son proporcionales entre sí para cada módulo de subrasante.

Para ilustrar este caso se utiliza el modelo de zapata corrida sin contratrabes mostrado en la Figura 4.2. Los momentos máximos, pertenecientes a determinados módulos de subrasante, obtenidos por el software SAFE2016 se presentan en la Tabla 4.2 donde se indican los espesores de losa considerados para generar la Gráfica 4.3 de valores positivos y la Gráfica 4.4 de valores negativos.

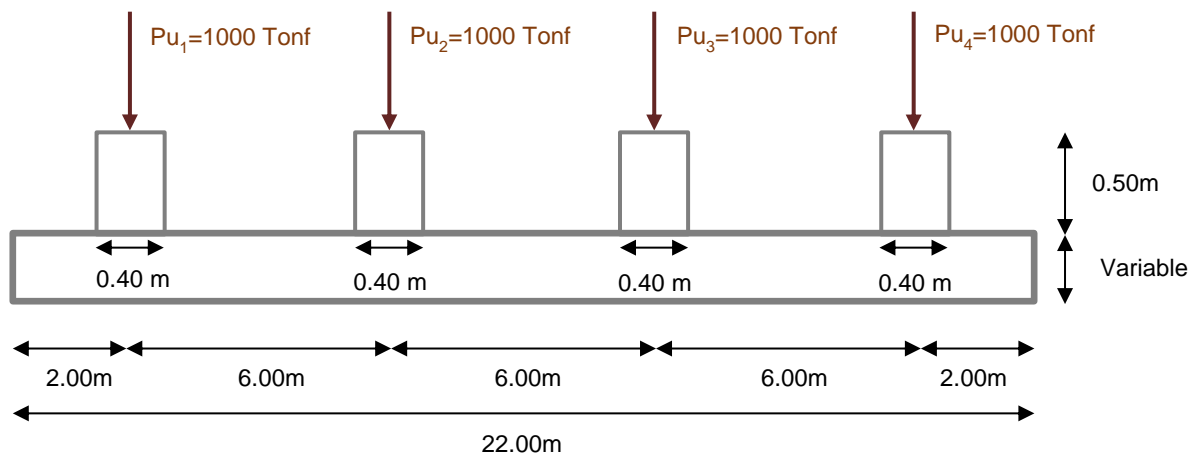
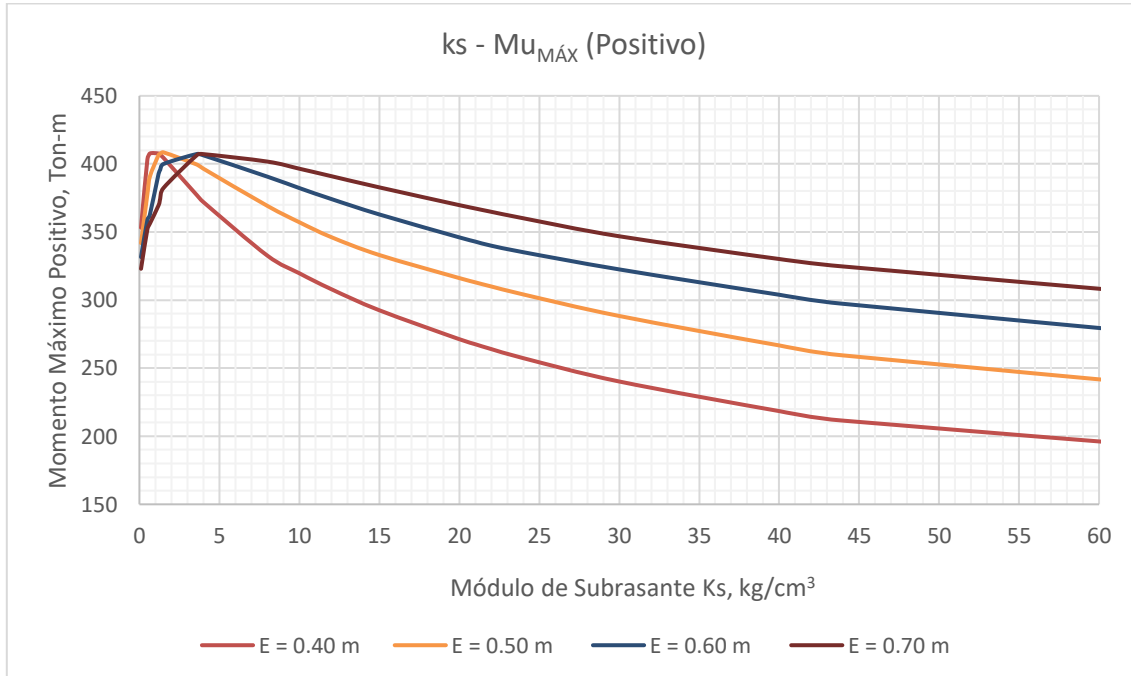


Figura 4.2. Esquema de zapata corrida sin contratrabes analizada para varios espesores de losa (Elaboración propia).

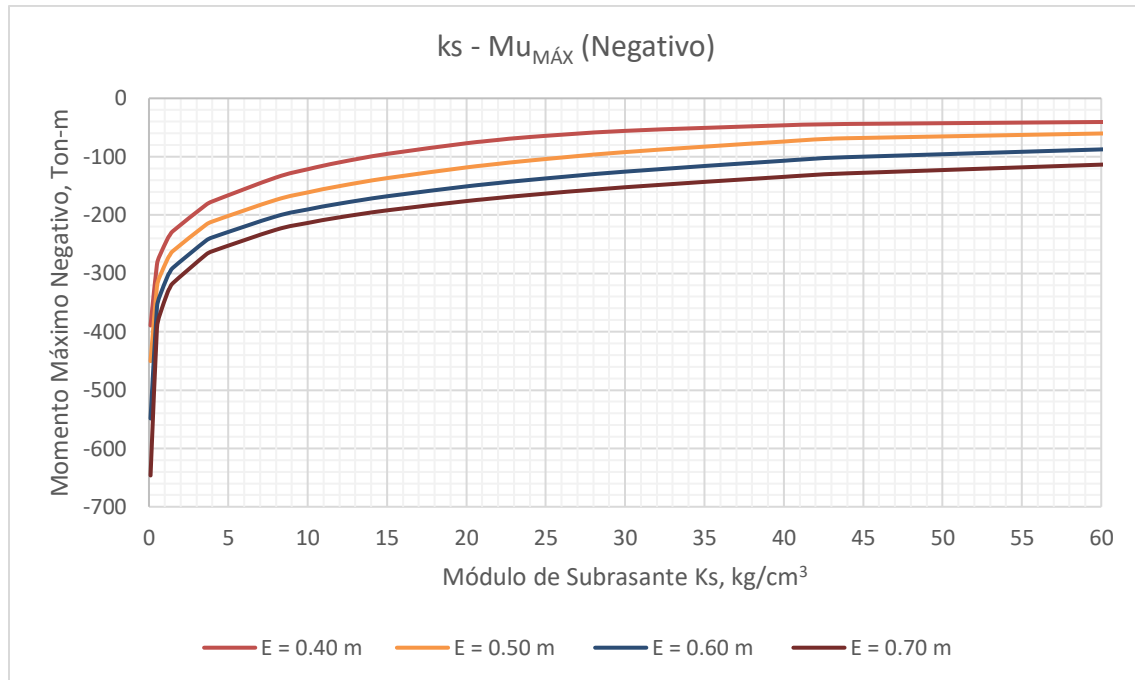
La variación del espesor de losa en el software SAFE2016 se definió en la propiedad *Thickness* del elemento *SLAB*.

Tabla 4.2. Momentos máximos obtenidos, en zapatas corridas con cuatro columnas, para diferentes espesores de losa empleando el software SAFE2016.

ks	Espesor de losa							
	E = 0.40 m		E = 0.50 m		E = 0.60 m		E = 0.70 m	
	Momentos Máximos							
kg/cm <sup>3</sup>	Positivo Ton-m	Negativo Ton-m	Positivo Ton-m	Negativo Ton-m	Positivo Ton-m	Negativo Ton-m	Positivo Ton-m	Negativo Ton-m
1.0E-06	293.02	-998.12	293.02	-998.14	293.02	-998.33	293.02	-998.33
0.1	353.17	-389.38	341.86	-450.45	331.60	-548.74	322.98	-646.35
0.50	403.39	-285.20	377.96	-323.01	358.92	-358.90	352.08	-394.60
1.50	404.54	-227.75	408.51	-261.86	399.92	-290.62	382.25	-316.87
4.00	371.99	-176.57	396.50	-211.03	406.32	-238.27	407.20	-261.97
8.00	332.64	-135.73	369.19	-174.02	390.65	-202.30	401.72	-225.26
10.00	319.69	-121.55	357.15	-161.26	382.27	-190.41	396.49	-213.59
15.00	292.53	-95.25	333.09	-136.75	362.90	-167.87	382.77	-192.00
20.00	271.26	-77.00	316.15	-118.41	346.05	-150.90	369.74	-176.09
22.00	264.01	-71.23	309.98	-112.24	339.94	-145.08	364.83	-170.66
24.00	257.35	-66.28	304.14	-106.58	335.16	-139.73	360.09	-165.63
30.00	240.21	-55.75	288.33	-92.12	322.52	-125.61	346.87	-152.37
40.00	218.47	-46.23	266.70	-74.06	303.92	-107.00	330.17	-134.59



Gráfica 4.3. Comportamiento de momentos máximos positivos, en función de la variación del espesor de losa, en una zapata corrida sin contratrabes de 4 columnas.



Gráfica 4.4. Comportamiento de momentos máximos negativos, en función de la variación del espesor de losa, en una zapata corrida sin contratraveses de 4 columnas.

Al analizar las gráficas de comportamiento de momentos máximos generadas para cada espesor de losa de zapata corrida en el software SAFE2016, se determina que son particulares las correlaciones existentes entre momentos máximos con respecto al módulo de subrasante, por ello, se concluye que no existe proporcionalidad entre momentos.

### IV.3 Variación De Ancho De Dados.

Debido a que no es posible delimitar las medidas que pueden asignársele a un dado, se determinó estudiar la influencia del tamaño de éstos en el cálculo de los momentos máximos. Para ello, se eligieron medidas de ancho de dado acordes a separaciones entre columnas y a espesores de losas comunes. A los modelos analizados en SAFE2016 exclusivamente se les modificó el tamaño de los dados, y el centro de éstos permaneció posicionado sobre los mismos ejes en cada una de las zapatas corridas (ver Figura 4.3).

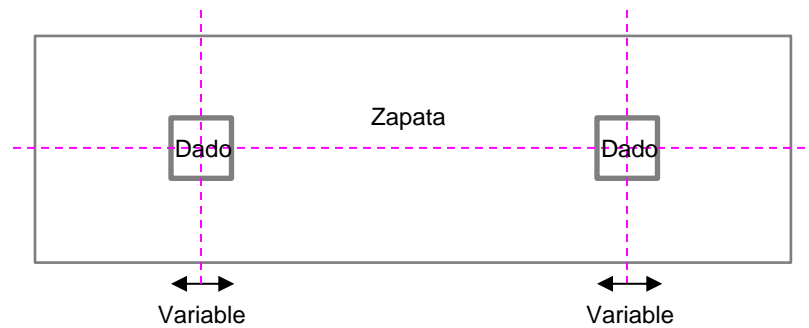


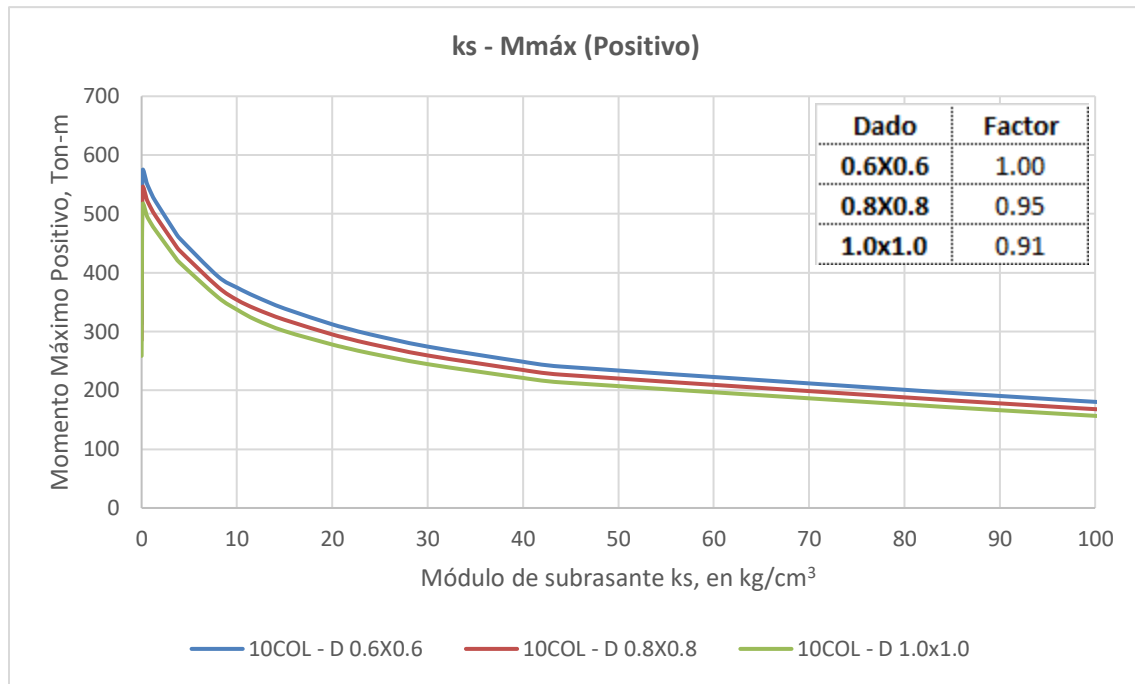
Figura 4.3. Esquema de variación, visto en planta, del ancho de dados para el presente caso de estudio (Elaboración propia).

Debe recordarse que para el diseño por flexión de las zapatas corridas se evalúa el momento último en el paño del dado y la aplicación de este criterio se aprecia claramente en los diagramas de momentos obtenidos en el software SAFE2016, puesto que, considera como muy rígida la zona perteneciente a los dados.

A continuación, se presentan las características de un modelo de análisis con el fin de ejemplificar el comportamiento de los momentos máximos ante la variación del ancho de dados en zapatas corridas sin contratrabes:

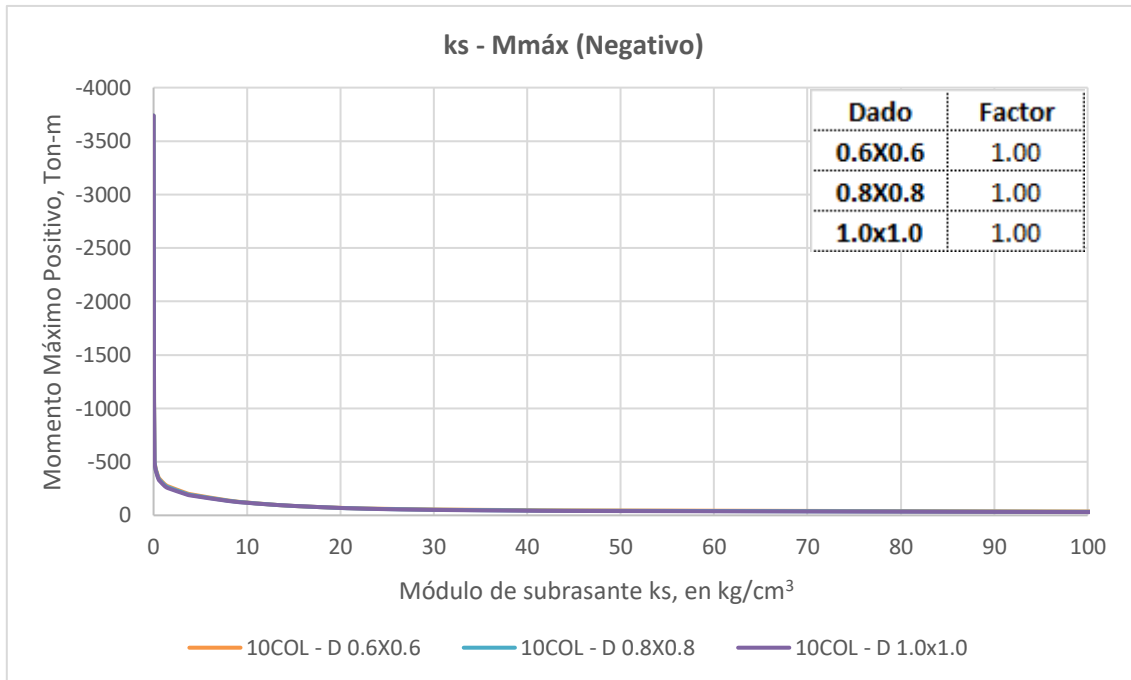
- Número de columnas: 10
- Separación columnas: 8.00 m
- Volados en extremos: 2.50 m
- Espesor de losa: 0.50 m
- Carga en cada columna: 1000 Ton
- Ancho dados: 0.6mx0.6m, 0.8mx0.8m, 1.0mx1.0m

Los resultados de los modelos analizados en el software SAFE2016 se muestran en la Gráfica 4.5, para momentos positivos, y en la Gráfica 4.6 ,para momentos negativos. En éstas se observa la proporcionalidad existente entre los momentos máximos en función del módulo de subrasante al variar el ancho de dado. Esta proporcionalidad no es de magnitud idéntica para todos los módulos de subrasante (ver Tabla 4.3), sin embargo, tienden al mismo valor.



*Gráfica 4.5.* Comportamiento de momentos máximos positivos, en función de la variación del ancho de dado, en una zapata corrida sin contratrabes de 10 columnas.

Los recuadros ubicados en la parte superior derecha indican el factor de proporcionalidad que guardan los momentos máximos entre sí, con respecto al módulo de subrasante, al variar el ancho de dado. Para este modelo el factor de momentos vale 1.00 con respecto al menor ancho de dado, lo que significa que al aumentar las dimensiones del dado los momentos máximos positivos disminuyen (ver Gráfica 4.5), mientras que, los momentos máximos negativos se mantienen iguales (ver Gráfica 4.6).



*Gráfica 4.6.* Comportamiento de momentos máximos negativos, en función de la variación del ancho de dados, en una zapata corrida sin contratraves de 10 columnas.

Este comportamiento de proporcionalidad entre momentos máximos, al variar el ancho de dado, también se presenta para los modelos de zapata corrida, sin contratraves, que no tiene volados en los extremos de la losa.

Los factores calculados para cada momento máximo, ante la variación del ancho de dado, se desglosan en la Tabla 4.3 con el fin de demostrar la similitud que guardan con respecto a los módulos de subrasante. Sin embargo, por fines prácticos se tomó el valor máximo de éstos como factor de proporcionalidad entre momentos máximos.

Tabla 4.3. Factores de dado para cada momento máximo en función del módulo de subrasante.

ks	FACTOR DE DADO			
	0.6x0.6 a 0.8x0.8		0.8x0.8 a 1.0x1.0	
kg/cm <sup>3</sup>	Momentos máximos			
	M <sub>máx +</sub>	M <sub>máx -</sub>	M <sub>máx +</sub>	M <sub>máx -</sub>
0.00	0.91	1.00	0.826	1.000
0.50	0.95	0.98	0.900	0.950
1.50	0.95	0.97	0.906	0.935
4.00	0.95	0.97	0.910	0.942
8.00	0.95	0.98	0.910	0.966
10.00	0.94	0.99	0.900	0.978
15.00	0.94	1.00	0.887	1.003
20.00	0.95	0.99	0.890	0.984
24.00	0.95	0.97	0.891	0.957
30.00	0.95	0.96	0.891	0.925
40.00	0.94	0.94	0.889	0.891
44.00	0.94	0.93	0.888	0.883
220.00	0.91	0.90	0.833	0.821

Para la generación de las **tablas de coeficientes  $\delta$**  se calcularon factores en función del ancho de dado con el fin de reducir el número de tablas a emplear para obtener diagramas de momentos máximos de zapatas corridas sin contratraves.

#### IV.4 Variación De Geometría En Extremos De Losa.

Dentro de la configuración de zapatas corridas existen dos opciones que pueden presentarse en los extremos de la losa. En la primera, si la ubicación de la estructura dentro del terreno lo permite, la losa de la zapata corrida se extiende más allá de los ejes con el fin de generar una presión de apoyo uniforme sobre toda la zapata.

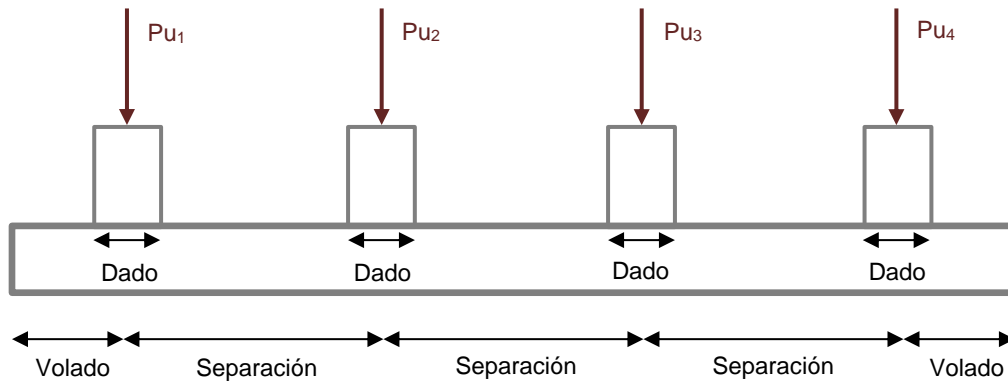


Figura 4.4. Zapata corrida con volados en los extremos de la losa (Elaboración propia).

La segunda opción se presenta cuando no hay espacio disponible para extender la losa de zapata corrida debido a límites de colindancia (ver Figura 4.5).

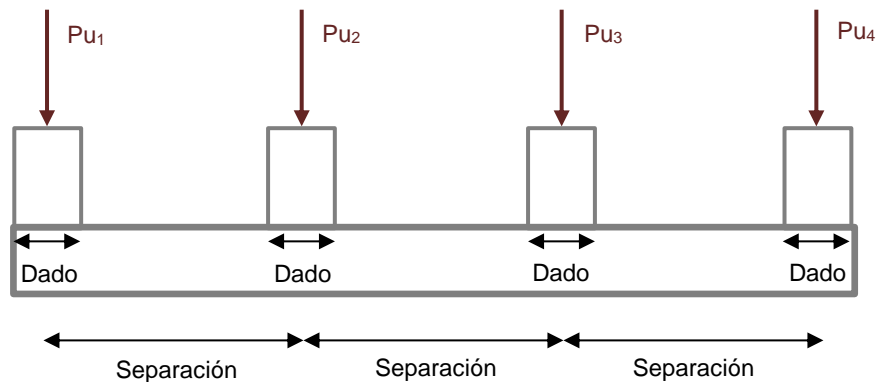


Figura 4.5. Zapata corrida sin volados en los extremos de la losa (Elaboración propia).

Debido a estas dos posibles situaciones se estudia el comportamiento de los momentos máximos tanto en zapatas corridas con volados en los extremos de la losa, como en zapatas corridas sin volados en los extremos de la losa.

Fue necesario obtener los momentos máximos de zapatas corridas sin contratrabes para configuraciones donde únicamente se modificaron los extremos de la losa. Para ejemplificar este caso de estudio se utilizarán las zapatas corridas mostradas tanto en la Figura 4.6 como en la Figura 4.7. El ancho de las zapatas es de 1.00m en ambos casos.

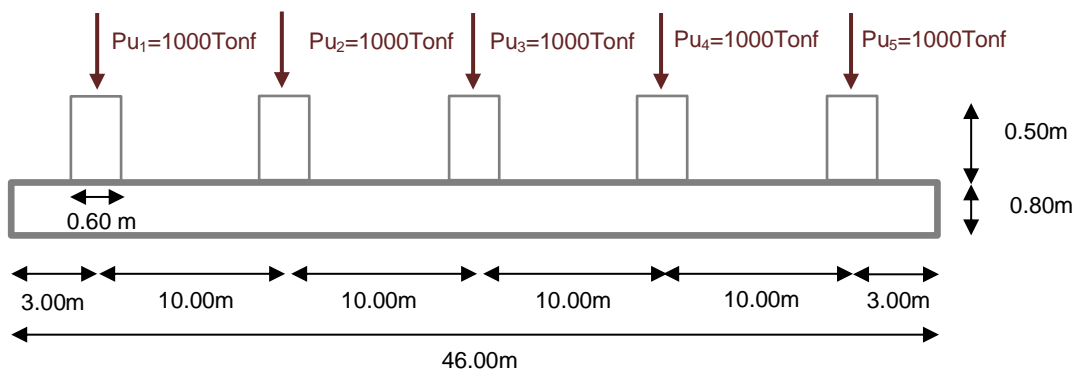


Figura 4.6. Zapata corrida con volados en los extremos de la losa (Elaboración propia).

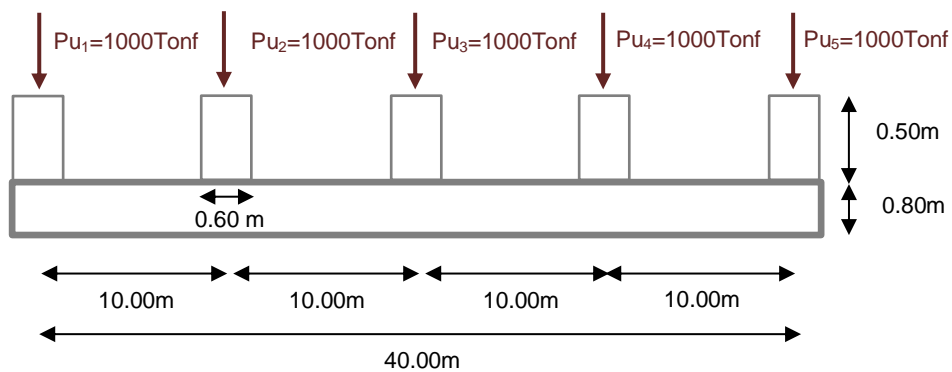
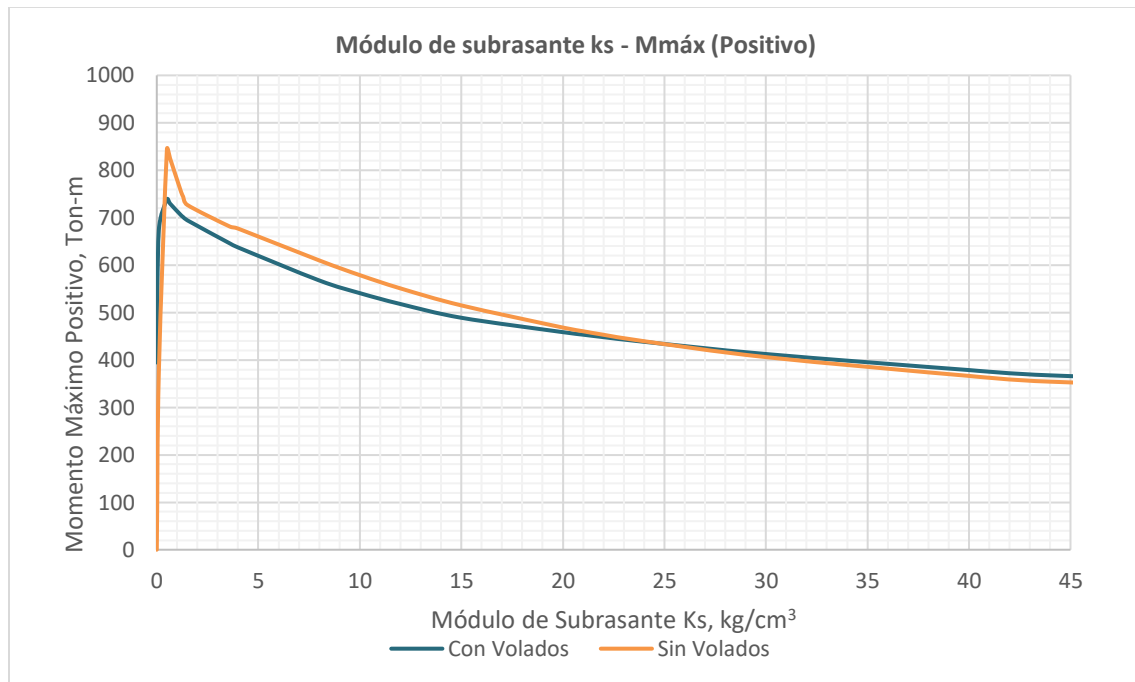


Figura 4.7. Zapata corrida sin volados en los extremos de la losa (Elaboración propia).

Se observa que el comportamiento de los momentos máximos, en función del módulo de subrasante, se modifica ante diferentes configuraciones en los extremos de la losa. La comparación entre los momentos positivos máximos, de las zapatas corridas de ejemplo, se muestra a continuación en la Gráfica 4.7.



Gráfica 4.7. Comparación de momentos positivos máximos para zapatas corridas con volados y sin volados en los extremos de la losa.

Puede visualizarse la diferencia de magnitud entre los momentos máximos en la Gráfica 4.7. Ahora bien, los diagramas de momentos también se ven afectados ante la diferencia de configuraciones extremas de losa. Los diagramas de momentos obtenidos para ambas configuraciones considerando un  $k_s=10 \text{ kg}/\text{cm}^3$  se muestran en la Figura 4.8.

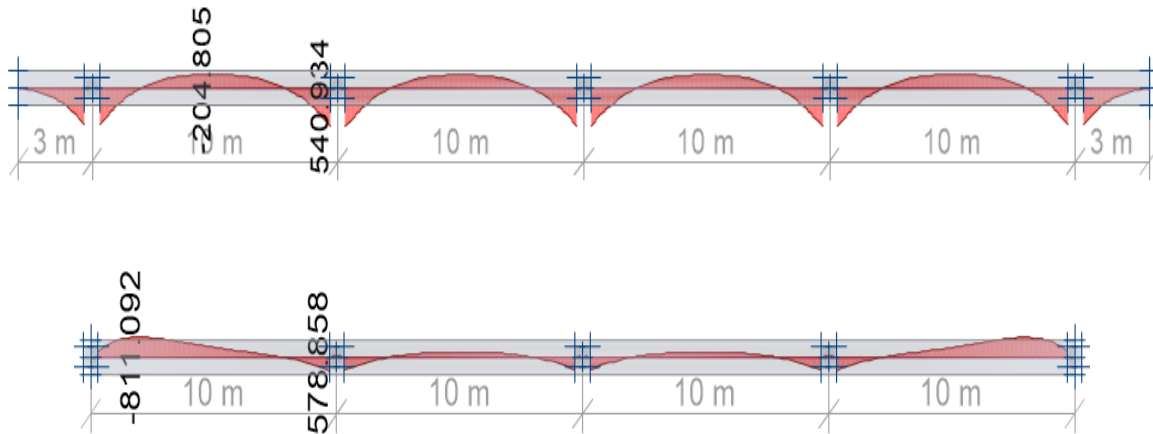
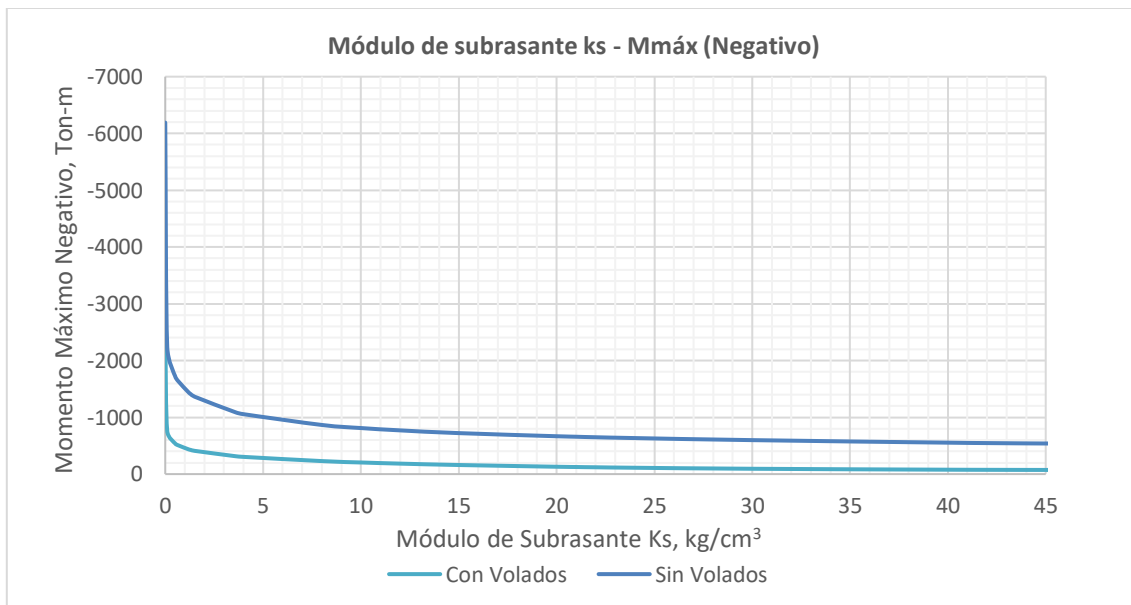


Figura 4.8. Diagramas de momentos de SAFE2016 para zapata corrida que soporta cinco columnas con volados (arriba) y sin volados (abajo), considerando un  $k_s=10\text{kg/cm}^3$ .

El comportamiento de los momentos máximos negativos se presenta en la Gráfica 4.8. También se aprecia la diferencia existente entre los momentos obtenidos para las dos configuraciones de zapatas corridas estudiadas, donde los momentos negativos son de mayor magnitud cuando no se tienen volados en los extremos de la losa.



Gráfica 4.8. Comparación de momentos negativos máximos para zapatas corridas con volados y sin volados en los extremos de la losa.

Se concluye que, para obtener momentos máximos, de configuraciones de zapata corrida con volados en los extremos y sin volados en los extremos de la losa, es necesario realizar análisis para cada caso debido a que no existen correlaciones entre momentos máximos.

#### IV.5 Variación De Separación Entre Columnas.

Debido a que no es posible delimitar las separaciones que pueden presentarse entre ejes, se determinó estudiar la influencia de la longitud entre columnas en el cálculo de los momentos máximos. Para ello, se eligieron medidas de separación entre ejes de columnas observadas comúnmente en el campo de la construcción. A los modelos analizados en el software SAFE2016 únicamente se les modificó la longitud entre ejes de columnas y la longitud de volados en los extremos (ver Figura 4.9) para observar el comportamiento de variación en momentos máximos. Recuérdese que, las medidas de losa en extremos de zapata corrida se propusieron en función de la separación entre columnas.

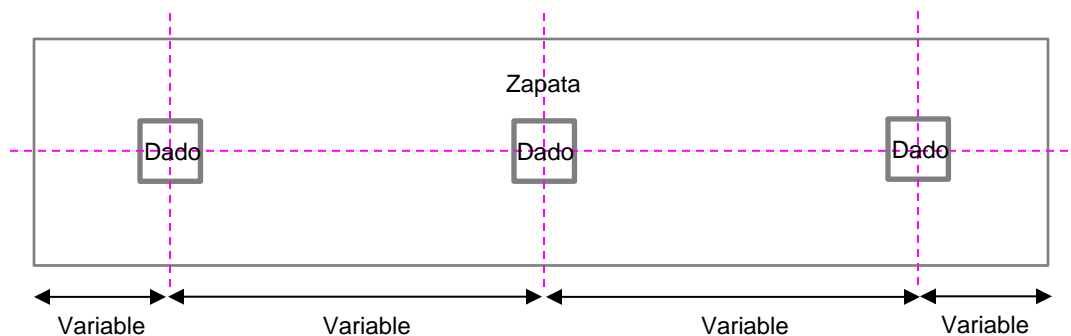
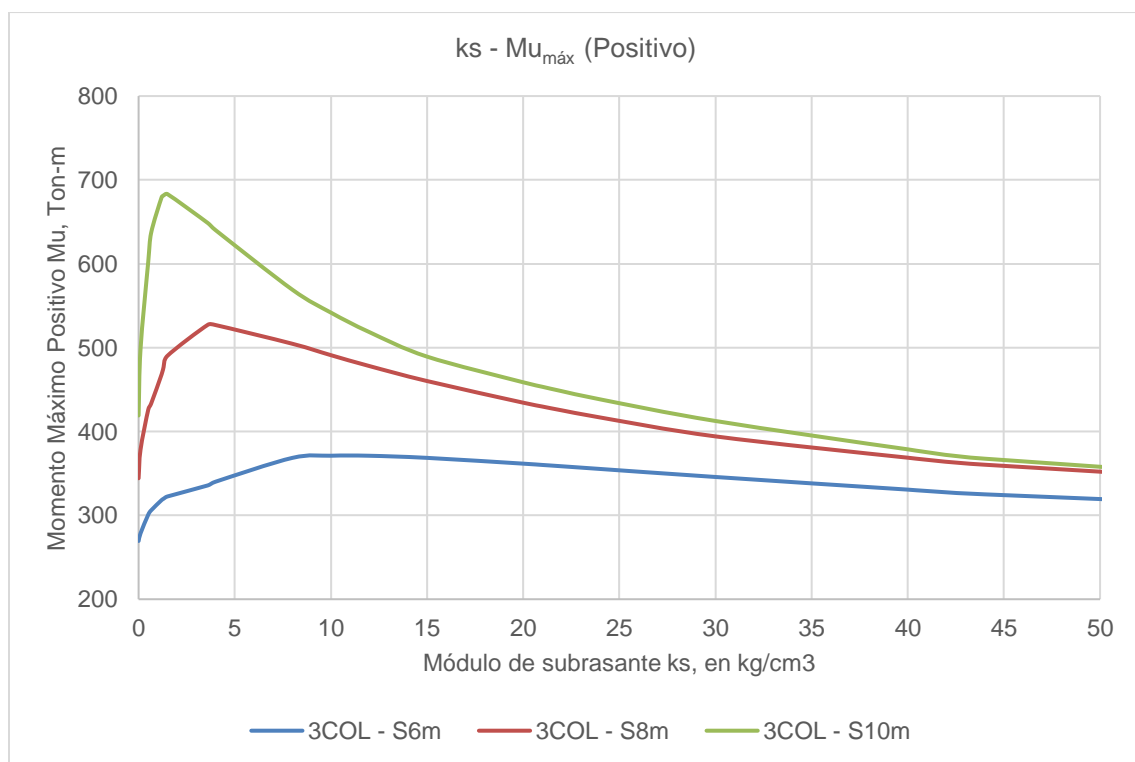


Figura 4.9. Esquema de variación, visto en planta, de la separación entre ejes de columnas considerado en el presente caso de estudio (Elaboración propia).

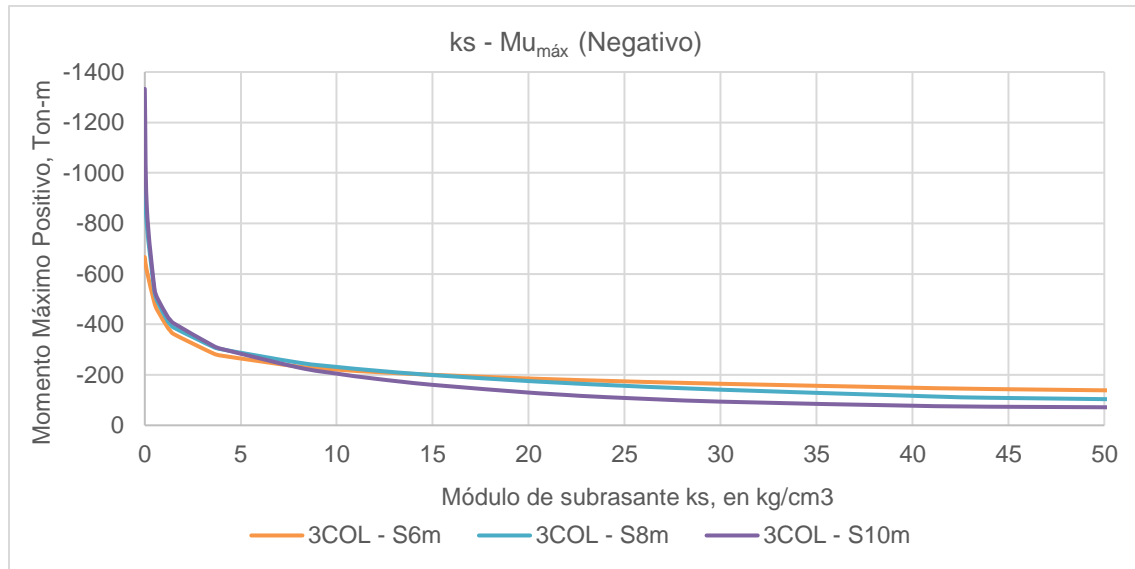
Con el fin de ejemplificar el comportamiento de los momentos máximos ante la variación de separación entre ejes de columnas en zapatas corridas sin contratrabes, a continuación, se presentan las características de un modelo de análisis:

- Número de columnas: 3
- Separación columnas: 6.00 m, 8.00 m y 10.00 m.
- Volados en extremos: 2.00 m, 2.50 m y 3.00 m.
- Espesor de losa: 0.80 m
- Carga en cada columna: 1000 Ton
- Ancho dados: 0.60 m x 0.60 m

Los resultados de los modelos analizados en el software SAFE2016 se muestran en la Gráfica 4.9, para momentos positivos, y en la Gráfica 4.10 ,para momentos negativos. En éstas se observa la falta de proporcionalidad existente entre varios momentos máximos en función del módulo de subrasante al variar la separación entre ejes de columnas.

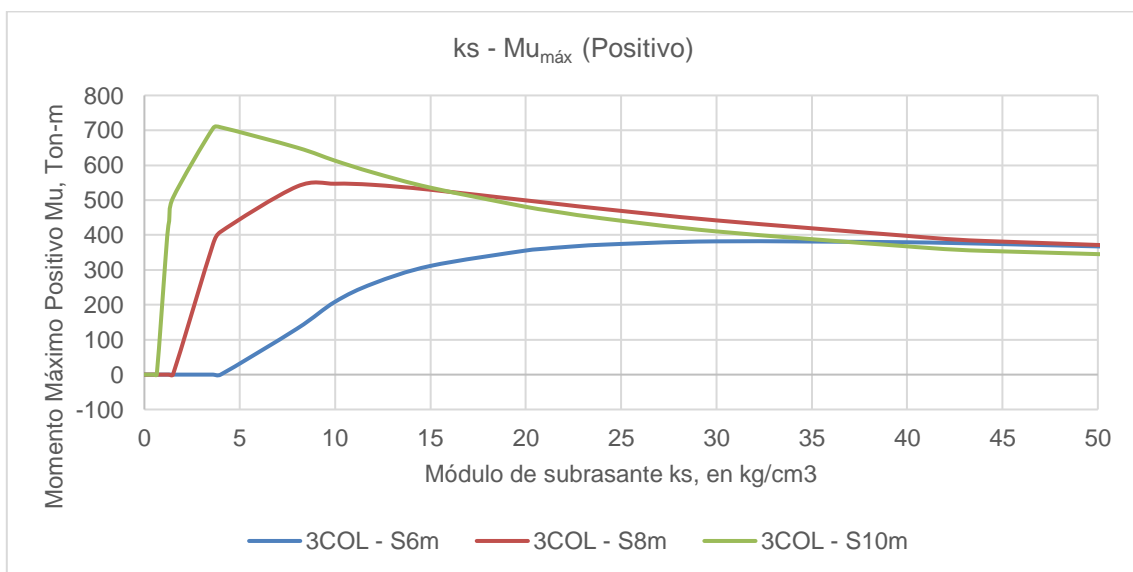


Gráfica 4.9. Comportamiento de momentos máximos positivos, en función de la variación de la separación entre ejes de columnas, en una zapata corrida con volados de 3 columnas.

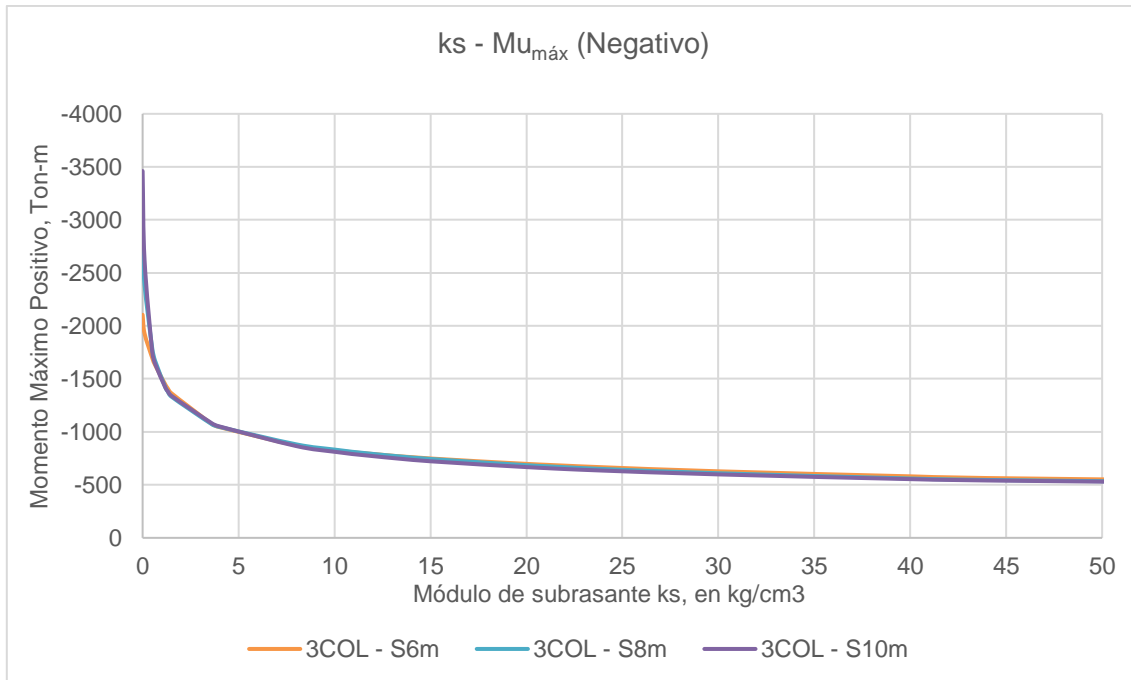


Gráfica 4.10. Comportamiento de momentos máximos negativos, en función de la variación de separación entre ejes de columnas, en una zapata corrida con volados de 3 columnas.

Este comportamiento se observa también en zapatas corridas sin volados en los extremos de la losa. La Gráfica 4.11 y la Gráfica 4.12 muestran los momentos máximos calculados en el software SAFE2016, para la configuración de ejemplo descrita inicialmente en el presente caso, pero considerando losa sin volados.



Gráfica 4.11. Comportamiento de momentos máximos positivos, en función de la variación de la separación entre ejes de columnas, en una zapata corrida sin volados de 3 columnas.



Gráfica 4.12. Comportamiento de momentos máximos negativos, en función de la variación de la separación entre ejes de columnas, en una zapata corrida sin volados de 3 columnas.

Se concluye que se presenta falta de proporcionalidad entre los momentos máximos de zapatas corridas sin contratrabes, en función del módulo de subrasante, al variar la separación entre ejes de columnas, siendo mayor la desproporción en los momentos máximos.

Para la generación de las **tablas de coeficientes  $\delta$**  se calcularon factores en función del ancho de dado con el fin de reducir el número de tablas a emplear para obtener diagramas de momentos máximos de zapatas corridas sin contratrabes.

## V. TABLAS DE COEFICIENTES $\delta$

Una vez analizados los resultados obtenidos de estudiar el comportamiento de zapatas corridas sin contratrabes bajo diversas configuraciones, se observó la factibilidad de generar tablas de coeficientes para la obtención de momentos máximos, tanto positivo como negativo, de este tipo de cimentaciones. El análisis de las zapatas corridas, sin contratrabes, se realizó utilizando el software SAFE2016 cuya base matemática es el elemento finito y que considera el módulo de subrasante **ks** del suelo. Asimismo, se empleó el software SAP2000.v20 donde se consideró la zapata corrida como una viga bajo equilibrio de presiones. La relación entre los momentos obtenidos por ambos métodos permitió calcular los coeficientes.

Para la elaboración de las tablas de coeficientes que proporcionen momentos máximos de diseño, de un cierto tipo de zapatas corridas sin contratrabes, se procedió de la manera siguiente:

- A. Determinación de módulos de subrasante **ks** a emplear.
- B. Determinación de los modelos de carga.
- C. Determinación de la geometría de las zapatas corridas sin contratrabes.
- D. Generación de modelos en SAFE2016.
- E. Recopilación y manejo de datos.
- F. Cálculo de factores para ancho de dado.
- G. Generación de modelos en SAP2000v.20.
- H. Cálculo de coeficientes  $\delta$  para momentos máximos.
- I. Generación de fórmula general para utilización de tablas de coeficientes  $\delta$ .

### A. Determinación de módulos de subrasante $k_s$ a emplear.

Primeramente, fue necesaria la definición de los valores de módulo de subrasante del suelo  $k_s$  que formarían parte de las tablas de coeficientes, así que se tomaron los valores de la Tabla 5.1, generada por Terzaghi (Meli, 2007), para servir de base a la obtención de momentos últimos. Los valores propuestos por Terzaghi son índices aproximados de módulos de subrasante para suelos comunes bajo distintas condiciones, obtenidos de una prueba de placa.

Tabla 5.1. Valores del módulo de reacción  $K_s$ , para diferentes tipos de suelo propuestos por Terzaghi (Meli, 2007).

Tipo de suelo	$K_s$ Kg/cm <sup>3</sup>		
** Suelo fangoso	0.50	a	1.50
* Arena seca o húmeda, suelta ( $N_s$ 3 a 9)	1.20	a	3.60
* Arena seca o húmeda, media ( $N_s$ 9 a 30)	3.60	a	12.00
* Arena seca o húmeda, densa ( $N_s$ 30 a 50)	12.00	a	24.00
* Grava fina con arena fina	8.00	a	10.00
* Grava media con arena fina	10.00	a	12.00
* Grava media con arena gruesa	12.00	a	15.00
* Grava gruesa con arena gruesa	15.00	a	20.00
* Grava gruesa firmemente estratificada	20.00	a	40.00
** Arcilla blanda ( $q_u$ 0.25 a 0.50 kg/cm <sup>2</sup> )	0.65	a	1.30
** Arcilla media ( $q_u$ 0.50 a 2.00 kg/cm <sup>2</sup> )	1.30	a	4.00
** Arcilla compacta ( $q_u$ 2.00 a 4.00 kg/cm <sup>2</sup> )	4.00	a	8.00
Arcilla margosa dura ( $q_u$ 4.00 a 10.00 kg/cm <sup>2</sup> )	8.00	a	21.00
Marga arenosa rígida	21.00	a	44.00
Arena de miga y tosco	22	a	110
Marga	22	a	2200
Caliza margosa alterada	150	a	220
Caliza sana	885	a	36000
Granito meteorizado	30	a	9000

Granito sano	1700	a	3600
<p><math>N_s</math> = Número de golpes en una prueba de penetración estándar.</p> <p>* = Sí están sumergidos los terrenos granulares se tomarán con <math>K_s</math> igual a los de la tabla multiplicados por 0.60.</p> <p>** = Los valores considerados corresponden a cargas de corta duración. Si se consideran cargas permanentes que produzcan consolidación, se multiplicará el valor <math>k_s</math> de la tabla por 0.25.</p> <p><math>q_u</math> = Resistencia del suelo.</p>			

### B. Determinación de los modelos de carga.

Debido a que no es posible generar tablas para todos los tipos de configuraciones de cargas que pueden presentarse en la realidad se propusieron modelos de cargas semejantes a los presentes en edificaciones simétricas. Por lo tanto, se determinó que se analizarían tres modelos de cargas:

1. Cargas iguales sobre todas las columnas de la zapata corrida.

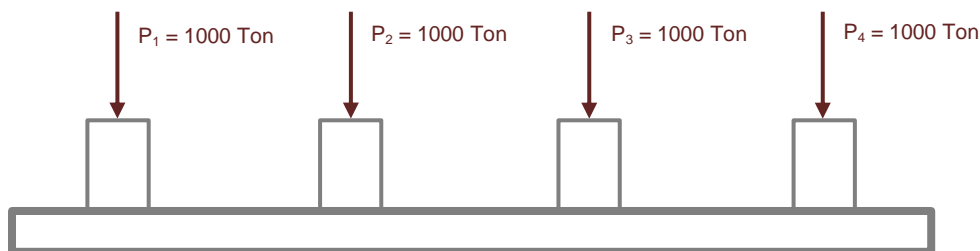


Figura 5.1. Modelo de cargas al 100% usado en SAFE2016 (Elaboración propia).

2. Cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

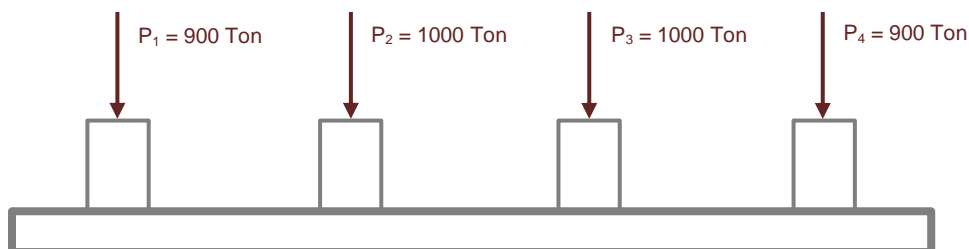


Figura 5.2. Modelo con cargas extremas al 90% usado en SAFE2016 (Elaboración propia).

### 3. Cargas interiores iguales y cargas exteriores al 80% de las interiores.

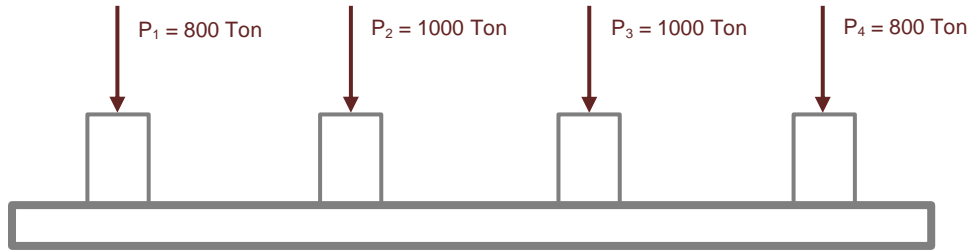


Figura 5.3. Modelo con cargas extremas al 80% usado en SAFE2016 (Elaboración propia).

### C. Determinación De Geometría De Zapatas Corridas.

Observando la estructuración de construcciones comunes que hacen uso de zapatas corridas se propuso analizar cimentaciones que soportaran desde dos hasta diez columnas. Siguiendo la misma mecánica, se decidió utilizar separaciones entre ejes de columnas de 6.00m, 8.00m y 10.00m. Asimismo, el espesor de las losas se propuesto en función de la separación entre ejes de columnas. Finalmente, las dimensiones de dados a emplear se eligieron basándose en el predimensionamiento de columnas que soportan grandes cargas.

Por su parte, como la geometría de las zapatas corridas depende de la ubicación y colindancia de la edificación, se generaron tablas para zapatas corridas que no contaran con volados (ver Figura 5.4) y tablas para zapatas corridas con volados en sus extremos (ver Figura 5.5).

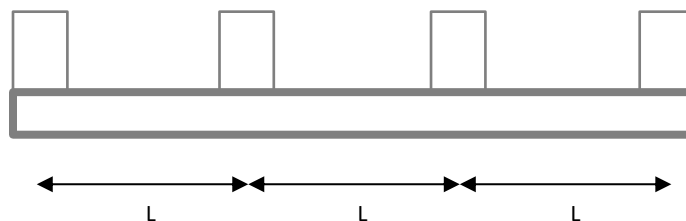


Figura 5.4. Esquema general de zapatas corridas, sin volados en los extremos que se consideró para generar las tablas de coeficientes  $\delta$ .

Los volados colocados en las zapatas corridas se propusieron de longitud igual a un tercio de la separación existente entre ejes de columnas.

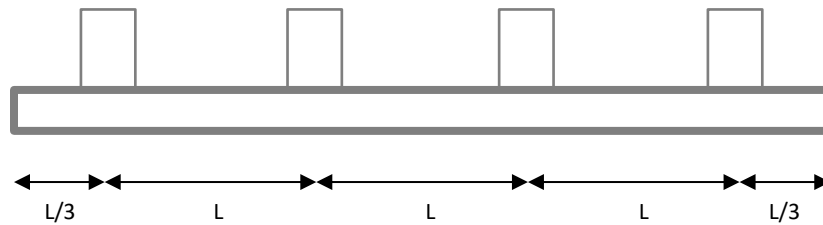


Figura 5.5. Esquema general de zapatas corridas, con volados en los extremos.

Otro dato de importancia para realizar los modelos en SAFE2016 es la profundidad de desplante "PD", misma que se calculó sumando a la anchura de la losa un espesor de estrato de 0.50m para todos los casos en estudio.

En resumen, las tablas de coeficientes para momentos últimos consideran las características mostradas en la Tabla 5.2. Para el caso de zapatas corridas sin volados aplican las mismas características.

Tabla 5.2. Resumen las características consideradas para generar las tablas de coeficientes de diseño para momentos últimos.

<b>ZAPATAS CORRIDAS</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>SEPARACIÓN ENTRE EJES DE COLUMNAS "S"</b>		
	6.00m	8.00m	10.00m
<b>Número de columnas</b>	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10		
<b>Volados "V" (m)</b>	2.00	2.50	3.00
<b>Dados "D" (m)</b>	0.40	0.60	0.60
	0.60	0.80	0.80
	0.80	1.00	1.00
<b>Espesor losa "E" (m)</b>	0.40	0.50	0.60
	0.50	0.60	0.70
	0.60	0.70	0.80
	0.70	0.80	0.90
	0.80	0.90	1.00

De forma esquemática la Figura 5.6 muestra la configuración y características que se siguieron para modelar las zapatas corridas en el software SAFE2016.

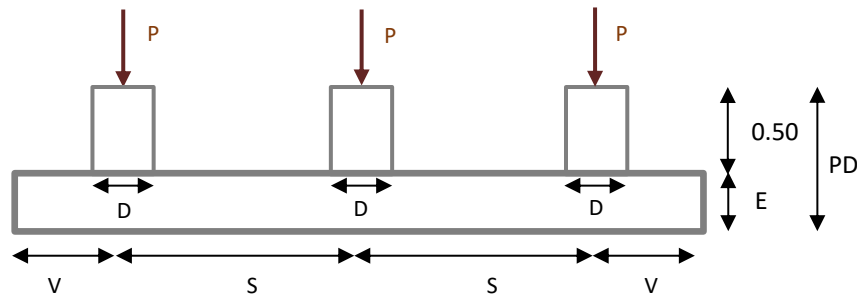


Figura 5.6. Ejemplo de zapata corrida empleado para generar modelos en SAFE2016.

#### D. Generación De Modelos En SAFE2016.

Una vez definidas las características y propiedades de los modelos de zapatas corridas sin contratrabes, se procedió a analizar cada cimentación bajo las variaciones propuestas de módulo de subrasante, tipos de carga y geometría. Para cada tabla fue necesario obtener 3915 valores (variaciones de: 9 número de columnas, 5 espesores, 3 anchos de dados y 29 módulos de subrasante).

De cada uno de los diagramas de momentos calculados en SAFE2016 únicamente se extrajeron los valores máximos positivo y negativo. Asimismo, se señaló en las tablas de coeficientes los casos donde únicamente se presentan momentos negativos, esto sucede para valores de  $ks$  cercanos a cero. Para el caso de zapatas con volados y  $ks \rightarrow 0$  únicamente hay momentos positivos en las columnas extremas como puede verificarse en la Figura 5.7.

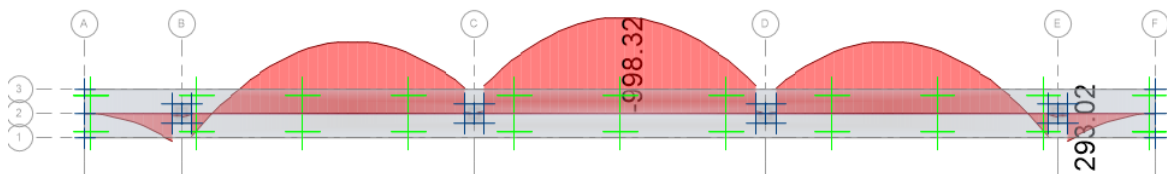


Figura 5.7. Diagrama de momentos del software SAFE2016 donde únicamente se presentan valores positivos en las columnas extremas para  $k = 0.000001 \text{ kg/cm}^3$ . Caso de cargas iguales.

En las tablas de coeficientes  $\delta$  de diseño se colocaron símbolos junto a los factores que solo tienen momentos positivos en las columnas extremas. Asimismo, se anexó en la tabla una leyenda que explica el comportamiento del diagrama de momentos y los casos de carga donde se presenta.

Figura 5.8. Indicación de coeficientes  $\delta$  donde únicamente se presentan momentos positivos en columnas extremas.

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 6m																		
Espesor de losa de 0.60 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
k	$M_{MAX+}$		$M_{MAX+}$		$M_{MAX+}$		$M_{MAX+}$		$M_{MAX+}$		$M_{MAX+}$		$M_{MAX+}$		$M_{MAX+}$		$M_{MAX+}$	
	324	-500	304	-667	295	-1000	289	-1200	286	-1500	284	-1714	282	-2000	280	-2222	279	-2500
$M_{k0}$ (Ton-m)																		
Coeficientes $\delta$																		
kg/cm <sup>3</sup>																		
1E-06	0.99	1.00	0.99	1.00 *	1.15	1.00 *	1.39	1.00 *	1.55	1.00 *	1.77	1.00 *	1.94	1.00 *	2.14	1.00 *	2.31	1.00 *
0.10	1.01	0.97	1.14	0.84 *	1.36	0.55 *	1.57	0.40 *	1.59	0.31	1.60	0.28	1.59	0.24	1.60	0.21	1.61	0.19
0.50	1.05	0.87	1.36	0.59	1.48	0.36	1.55	0.30	1.54	0.24	1.55	0.21	1.56	0.18	1.57	0.16	1.57	0.14

- Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.
- \* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

Por su parte, para el caso de zapatas sin volados y módulo de subrasante tendiente a cero  $k \rightarrow 0$ , solamente se presentan momentos negativos (ver Figura 5.9).

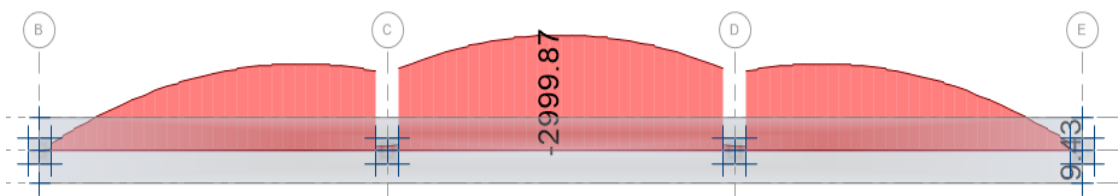


Figura 5.9. Diagrama de momentos del software SAFE2016 donde únicamente se presentan momentos negativos para  $k = 0.000001$  kg/cm<sup>3</sup>. Caso de cargas iguales.

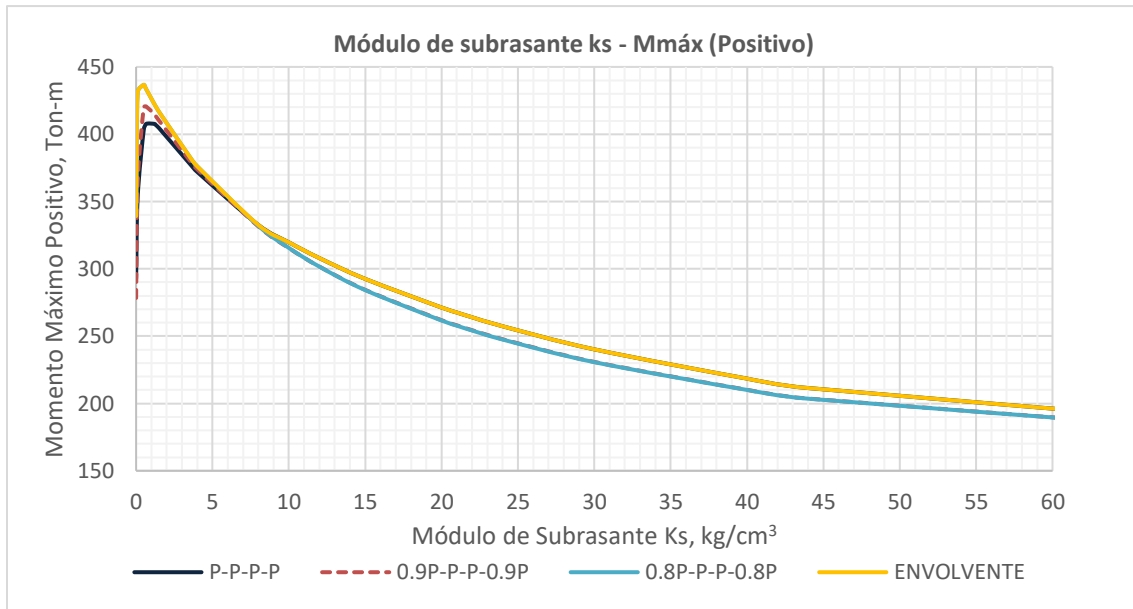
### E. Recopilación Y Manejo De Datos.

Los datos obtenidos del software SAFE2016 fueron vaciados en tablas de EXCEL para su manipulación. De los tres modelos de cargas estudiados se extrajeron los valores más altos y más bajos con el fin de generar valores “ENVOLVENTES” que sirvieron de base para adquirir coeficientes de cálculo de momentos últimos.

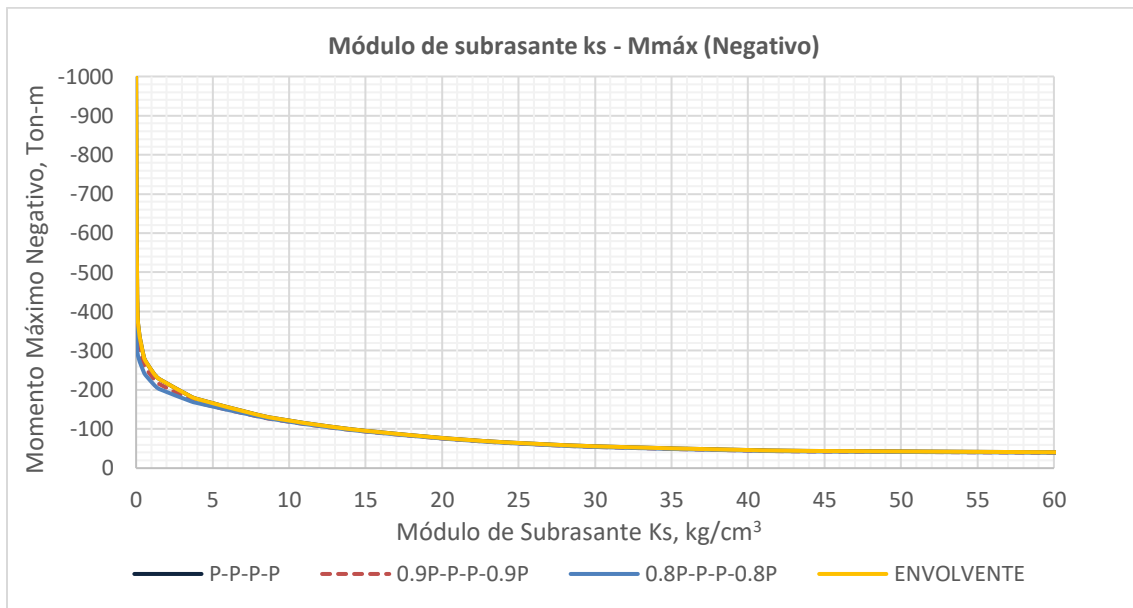
Tabla 5.3. *Compilación de momentos máximos para cada tipo de modelos de carga y generación de envoltente.*

ks	Modelos de cargas						ENVOLVENTE	
	P-P-P-P		0.9P-P-P-0.9P		0.8P-P-P-0.8P			
	Momentos Máximos							
	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
kg/cm <sup>3</sup>	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m	Ton-m
0.000001	293.022	-998.123	278.370	-648.228	339.277	-354.898	339.277	-998.123
0.1	353.165	-389.377	363.642	-338.899	431.043	-291.328	431.043	-389.377
0.50	403.389	-285.203	420.033	-265.337	436.676	-245.471	436.676	-285.203
0.65	407.655	-271.180	420.656	-253.535	433.656	-235.889	433.656	-271.180
1.20	407.662	-239.104	414.754	-225.416	422.282	-211.564	422.282	-239.104
1.30	406.725	-235.024	413.246	-221.692	420.382	-208.230	420.382	-235.024
1.50	404.536	-227.750	410.125	-214.997	416.608	-202.187	416.608	-227.750
3.60	376.952	-182.343	379.192	-172.677	381.810	-170.264	381.810	-182.343
4.00	371.988	-176.569	373.945	-167.270	376.185	-166.217	376.185	-176.569
8.00	332.640	-135.725	331.517	-131.596	331.983	-131.922	332.640	-135.725
10.00	319.685	-121.545	315.420	-118.506	315.564	-118.711	319.685	-121.545
12.00	307.985	-109.747	301.671	-107.363	301.632	-107.488	307.985	-109.747
15.00	292.527	-95.254	284.379	-93.480	284.200	-93.534	292.527	-95.254
20.00	271.264	-77.000	261.840	-75.766	261.590	-75.769	271.264	-77.000
21.00	267.561	-74.031	258.036	-72.835	257.783	-72.833	267.561	-74.031
22.00	264.013	-71.231	254.422	-70.069	254.169	-70.063	264.013	-71.231
24.00	257.347	-66.275	247.707	-64.982	247.478	-64.972	257.347	-66.275
30.00	240.207	-55.754	230.862	-54.173	230.682	-54.165	240.207	-55.754
40.00	218.467	-46.233	210.175	-44.906	210.063	-44.902	218.467	-46.233
44.00	211.452	-43.938	203.630	-42.654	203.539	-42.644	211.452	-43.938
110	151.847	-31.130	149.212	-30.632	149.214	-30.717	151.847	-31.130
150	135.274	-28.096	133.906	-27.797	133.910	-27.844	135.274	-28.096
220	117.098	-24.632	116.693	-24.493	116.696	-24.501	117.098	-24.632
885	66.436	-13.584	66.436	-13.581	66.436	-13.581	66.436	-13.584
1700	48.492	-9.989	48.492	-9.989	48.492	-9.989	48.492	-9.989

Graficando los datos de la Tabla 5.3 se puede entender más claramente el comportamiento de las zapatas corridas al variar su módulo de subrasante (ver Gráfica 5.1 y Gráfica 5.2).



Gráfica 5.1. Relación módulo de subrasante – momentos máximos positivos para tres modelos de cargas. Datos obtenidos del software SAFE2016.

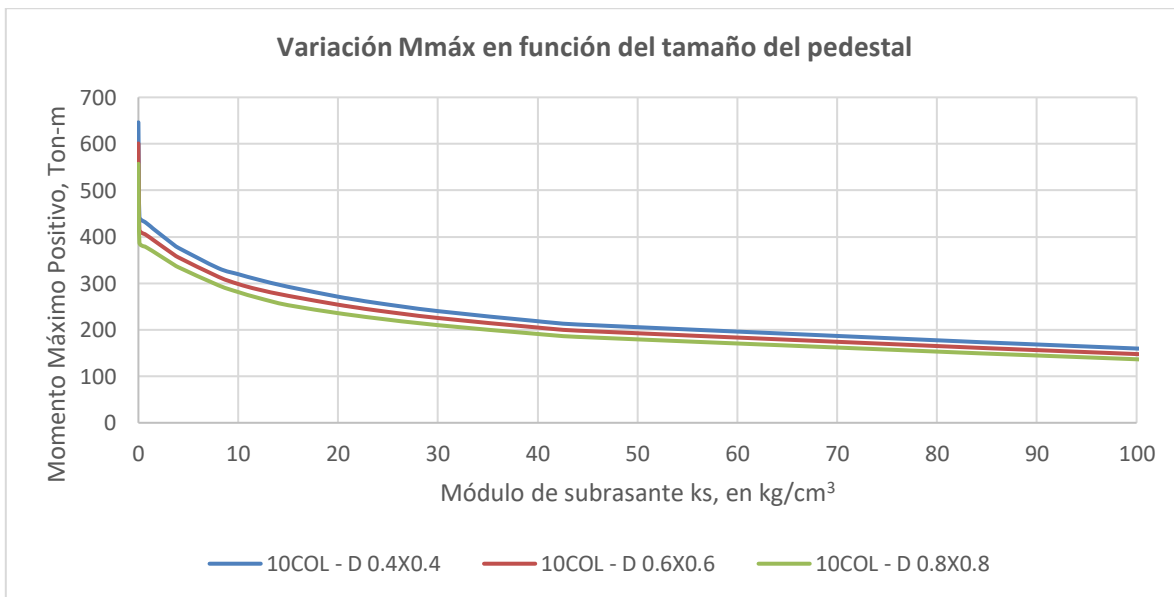


Gráfica 5.2. Relación módulo de subrasante – momentos máximos negativos para tres modelos de cargas. Datos obtenidos del software SAFE2016.

Asimismo, puede divisarse la similitud entre los valores de momentos máximos ante ciertos valores de **ks**.

## F. Cálculo De Factores Para Ancho De Dado.

Siguiendo el procedimiento del punto cinco “Recopilación y manejo de datos”, se obtuvieron tablas de momentos máximos, en el software SAFE2016, donde también se variaron los anchos de dado. Al comparar gráficamente los valores envolventes de momentos se observó que éstos crecen o decrecen de manera proporcional al ancho del dado (ver Gráfica 5.3), por lo que se calcularon factores tomando como referencia al menor ancho de dado considerado (ver 0). Ahora bien, como el factor de variación de momentos máximos entre módulos de subrasante es, para la mayoría de los valores de **ks** muy similar, se optó por tomar el factor máximo calculado para colocarse en las tablas de coeficientes de diseño de momentos.



Gráfica 5.3. Comparación entre momentos máximos obtenidos, de una zapata corrida que soporta diez columnas, para tres diferentes anchos de dado

Tabla 5.4. Obtención de factores para ancho de dados en zapatas corridas sin contratabes.

ks	10COL - D 0.4x0.4		FACTOR DE		10COL - D 0.6x0.6		FACTOR DE		10COL - D 0.8x0.8		
	Envolvente		0.4x0.4 A 0.6x0.6		Envolvente		0.4x0.4 A 0.8x0.8		Envolvente		
	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	Positivo	Negativo	
kg/cm <sup>3</sup>	Ton-m	Ton-m	-	-	Ton-m	Ton-m	-	-	Ton-m	Ton-m	
0.00	646.3	-2495.4	0.93	1.00	600.9	-2494.7	0.86	1.00	557.2	-2495.6	
0.10	442.5	-389.6	0.94	0.98	415.1	-383.0	0.88	0.97	387.2	-378.1	
0.50	433.6	-286.9	0.94	0.97	406.9	-277.2	0.88	0.93	379.8	-267.8	
0.65	432.0	-271.9	0.94	0.96	405.8	-261.9	0.88	0.93	379.1	-252.2	
1.20	422.7	-239.3	0.94	0.96	397.8	-228.6	0.88	0.91	372.2	-218.4	
1.30	420.8	-235.2	0.94	0.95	396.2	-224.4	0.88	0.91	370.9	-214.2	
1.50	417.1	-227.8	0.94	0.95	393.0	-217.1	0.88	0.91	368.2	-206.9	
3.60	382.0	-182.3	0.95	0.95	361.1	-173.3	0.89	0.90	339.5	-164.6	
4.00	376.4	-176.6	0.95	0.95	355.8	-167.9	0.89	0.90	334.7	-159.6	
8.00	332.6	-135.7	0.94	0.96	314.1	-130.4	0.89	0.92	295.8	-125.4	
10.00	319.7	-121.5	0.93	0.97	298.5	-117.5	0.88	0.94	281.2	-113.7	
12.00	308.0	-109.7	0.93	0.97	286.8	-106.8	0.87	0.95	268.7	-103.9	
15.00	292.5	-95.3	0.93	0.98	273.2	-93.5	0.86	0.96	253.0	-91.8	
20.00	271.3	-77.0	0.94	1.00	254.0	-76.7	0.87	0.99	235.8	-76.2	
21.00	267.6	-74.0	0.94	1.00	250.7	-73.9	0.87	0.99	232.8	-73.6	
22.00	264.0	-71.2	0.94	1.00	247.4	-71.2	0.87	1.00	229.9	-71.1	
24.00	257.3	-66.3	0.94	1.00	241.3	-66.4	0.87	1.00	224.4	-66.5	
30.00	240.2	-55.8	0.94	0.98	225.4	-54.9	0.87	0.99	210.0	-55.2	
40.00	218.5	-46.2	0.94	0.96	204.9	-44.2	0.87	0.93	191.1	-43.2	
44.00	211.5	-43.9	0.94	0.94	198.2	-41.4	0.87	0.92	184.8	-40.3	
110	151.8	-31.1	0.92	0.89	140.1	-27.6	0.85	0.80	129.2	-25.0	
150	135.3	-28.1	0.91	0.88	123.7	-24.8	0.84	0.79	113.2	-22.2	
220	117.1	-24.6	0.90	0.87	105.8	-21.5	0.82	0.78	95.7	-19.2	
885	66.4	-13.6	0.85	0.84	56.7	-11.4	0.73	0.72	48.6	-9.8	
1700	48.5	-10.0	0.82	0.81	39.8	-8.1	0.68	0.67	32.9	-6.7	
2200	42.3	-8.6	0.81	0.80	34.1	-6.9	0.65	0.65	27.6	-5.6	
3600	31.8	-6.0	0.77	0.79	24.5	-4.8	0.60	0.61	19.0	-3.7	
9000	16.6	-3.4	0.69	0.69	11.5	-2.3	0.47	0.49	7.8	-1.7	
36000	4.1	-0.9	0.51	0.50	2.1	-0.4	0.25	0.28	1.0	-0.2	
<b>VALOR MÁXIMO</b>			<b>0.95</b>	<b>1.00</b>				<b>0.89</b>	<b>1.00</b>		
<b>VALOR PROMEDIO</b>			<b>0.89</b>	<b>0.91</b>				<b>0.81</b>	<b>0.85</b>		

El cálculo de factores para del ancho de dado se realizó en todas las variaciones de número de zapatas y espesor de losas. Al comparar los factores de ancho de dado en función del espesor de losa se aprecia que éstos son los mismos o similares, por ello se optó elegir aquellos de mayor magnitud como los factores a considerar en las tablas de coeficientes de diseño de momentos (ver Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Comparación de factores de ancho de dado para los casos de zapatas corridas sin contratrabe, con 2 y 10 columnas separadas a 6.00m.

2 COLUMNAS										
Separación entre columnas 6.00m										
ESPESOR	0.40m	0.50m	0.60m	0.70m	0.80m					
DADO	Factores Momentos Máximos									
(m)	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-
0.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.60	0.94	1.00	0.94	1.00	0.93	1.00	0.93	1.00	0.93	1.00
0.80	0.87	1.00	0.87	1.00	0.87	1.00	0.86	1.00	0.86	1.00
10 COLUMNAS										
Separación entre columnas 6.00m										
ESPESOR	0.40m	0.50m	0.60m	0.70m	0.80m					
DADO	Factores Momentos Máximos									
(m)	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-
0.40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.60	0.95	1.00	0.95	1.00	0.94	1.00	0.94	1.00	0.94	1.00
0.80	0.89	1.00	0.89	1.00	0.89	1.00	0.89	1.00	0.88	1.00

### G. Generación De Modelos En SAP2000v.20.

Se modelaron las zapatas corridas como vigas bajo equilibrio de presiones en el software SAP2000v.20 para poder realizar una relación de momentos máximos entre los datos de SAFE2016 y así generar coeficientes de diseño.

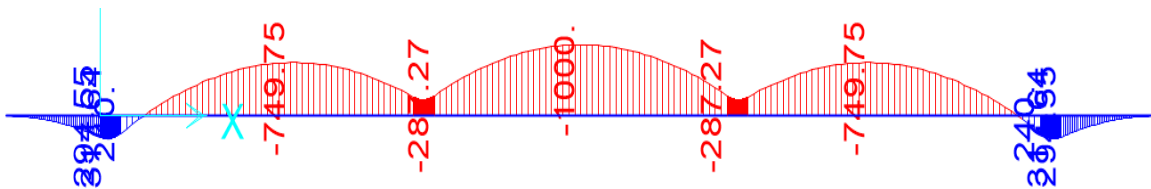
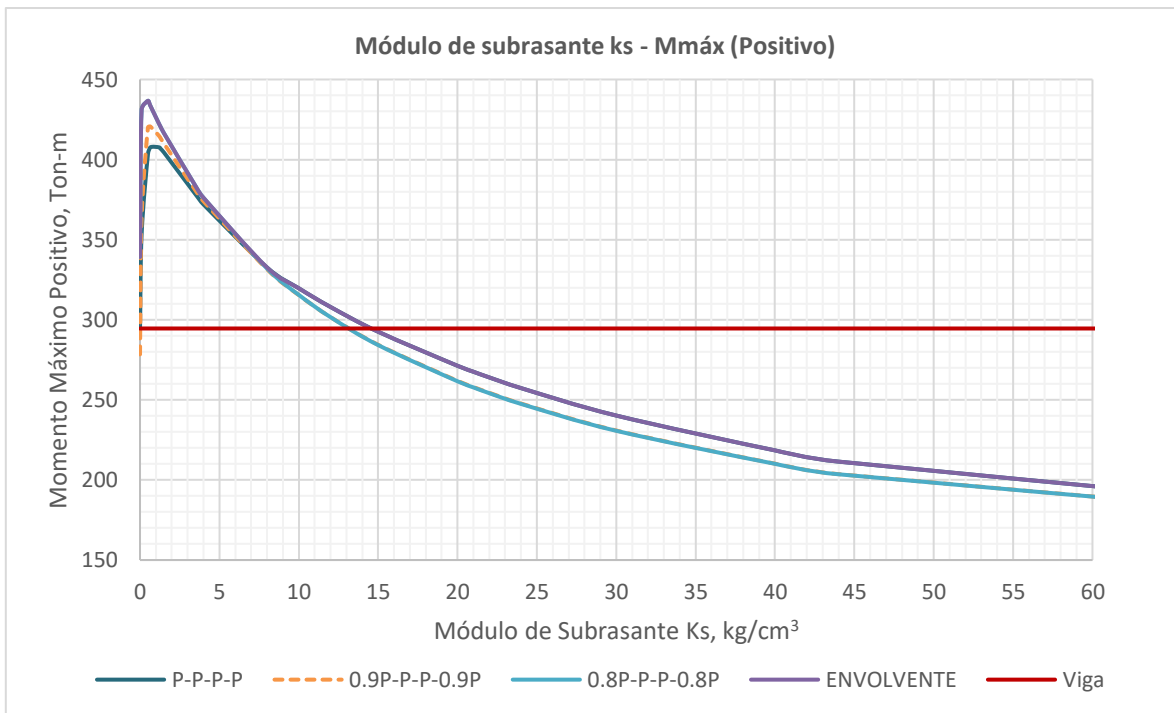


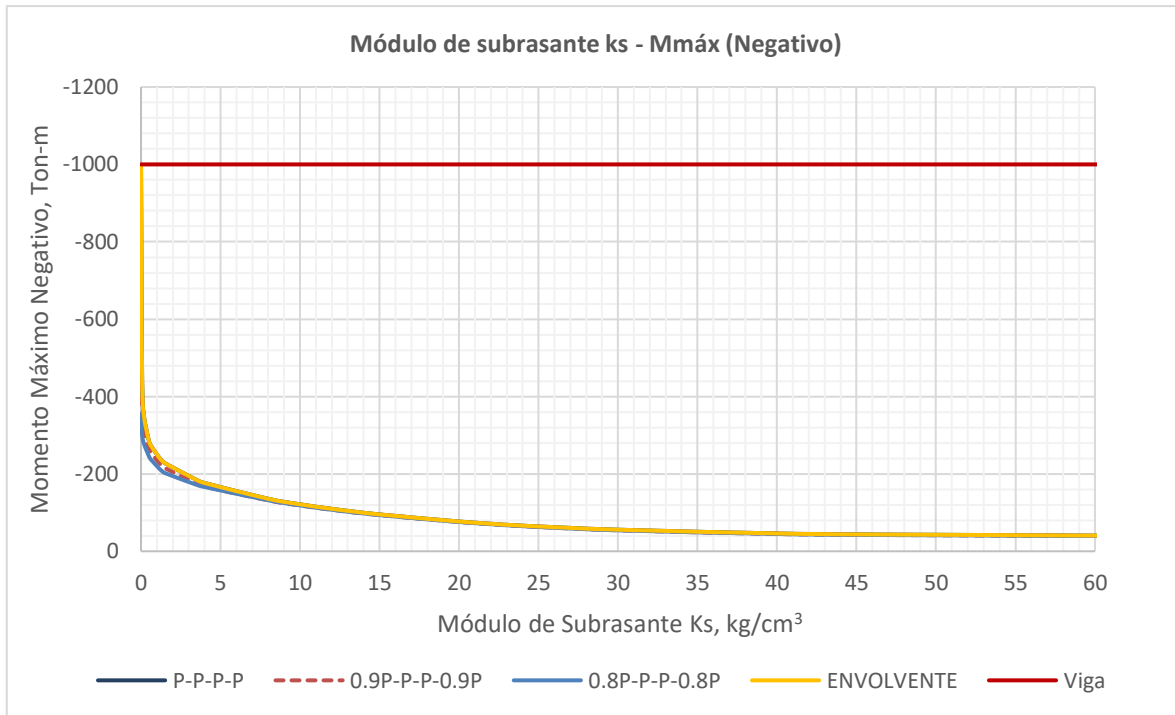
Figura 5.10. Diagrama de momentos calculado con el software SAP2000v.20 suponiendo la zapata corrida como una viga bajo equilibrio de presiones.

En este tipo de análisis no se considera el espesor de la losa por ello los momentos máximos de estos modelos fueron empleados en cinco tablas de variación de espesores, las cuales comparten mismo número de columnas y de separación. Nuevamente se extrajeron únicamente los momentos máximos, tanto positivo como negativo, para su utilización en las tablas de coeficiente.

El análisis como viga bajo equilibrio de presiones no considera el módulo de subrasante del suelo, por lo tanto, el valor de sus momentos es constante para todos los valores de **ks**. Ahora bien, comparando gráficamente los resultados de ambos métodos se observa que los momentos como viga coinciden con los valores de SAFE2016 cuando **ks** tiende a cero (ver Gráfica 5.4 y Gráfica 5.5).



Gráfica 5.4. Comparación entre momentos máximos positivos de zapatas corridas considerando el módulo de balasto en SAFE2016 y modelando como viga en SAP200v.20.



Gráfica 5.5. Comparación entre momentos máximos negativos de zapatas corridas considerando el módulo de balasto en SAFE2016 y modelando como viga en SAP200v.20.

#### H. Cálculo De Coeficientes $\delta$ Para Momentos Máximos.

Finalmente, se procede al cálculo de coeficientes dividiendo cada uno los momentos máximos  $M_{\delta}$  obtenidos en SAFE2016, que están en función del módulo de subrasante, entre los momentos máximos  $M_{k0}$  calculados en SAP2000v.20.

$$\text{Coeficiente } \delta = \frac{M_{\delta}(\text{SAFE2016})}{M_{k0}(\text{SAP2000v.20})} \quad \text{Ec. 5.1.}$$

A continuación, se presenta una tabla que ejemplifica el procedimiento que se realizó para obtener cada uno de los coeficientes de las tablas.

Tabla 5.6. *Ejemplo de cálculo realizado para la obtención de coeficientes de diseño para momentos positivos.*

ks	SAFE2016	SAP2000	COEFICIENTE
	$M_{\delta}$	$M_{K0}$	$\delta$
	Mmáx+	Mmáx+	$M_{\delta}/M_{K0}$
kg/cm <sup>3</sup>	Ton-m	Ton-m	Adimensional
0.000001	339.277	295	1.15
0.1	431.043	295	1.46
0.50	436.676	295	1.48
0.65	433.656	295	1.47
1.20	422.282	295	1.43
1.30	420.382	295	1.43
1.50	416.608	295	1.41
3.60	381.810	295	1.29

Debido a que los coeficientes están en función del módulo de subrasante del suelo se buscó la palabra rigidez en griego y se encontró que se escribe “**δυσκαμψία**”, así que se utilizó la letra griega  $\delta$  para nombrar a los coeficientes, quedando el nombre de las tablas como: “**Tablas de coeficientes  $\delta$  para momentos de diseño**”.

### I. Generación De Fórmula General Para Tablas De Coeficientes $\delta$ .

El procedimiento que debe seguirse para obtener los momentos de diseño máximos puede abreviarse en una fórmula general que se compone de elementos encontrados en las tablas de coeficientes  $\delta$ , mismos que fueron obtenidos en función de las características geométricas de la zapata corrida y de los modelos de carga propuestos.

Para emplear las tablas de coeficientes  $\delta$  se generó la siguiente fórmula:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{K0} \cdot \delta$$

Donde:

- $P_u$ : Carga máxima de diseño considerando combinaciones LRFD (Tonf).  
 $M_{k0}$ : Momentos máximos suponiendo una viga bajo equilibrio de presiones (Tonf-m).  
 $\delta$ : Coeficiente de ajuste que considera el módulo de subrasante (adimensional).  
 $M_u$ : Momentos de diseño máximos considerando combinaciones de carga LRFD (Tonf-m).

**NOTA.** Las unidades del denominador son Tonf, esto con el fin de obtener un factor de carga máxima de diseño.

Cabe señalar que, para la obtención de momentos positivos se tienen momentos de viga positivos  $M_{k0+}$  y coeficientes de ajuste positivos  $\delta+$ , por su parte, los momentos negativos consideran momentos de viga negativos  $M_{k0-}$  y coeficientes de ajuste negativos  $\delta-$ .

### V.1. EMPLEO DE TABLAS DE COEFICIENTES $\delta$ DE DISEÑO

Las tablas de coeficientes  $\delta$  fueron generadas para la obtención de momentos últimos máximos  $M_u$ , correspondientes a zapatas corridas que no cuentan con contratrabes, y cuyo valor de módulo de subrasante ha sido obtenido en una mecánica de suelos. El rango de aplicación cubre zapatas corridas que cargan desde dos hasta diez columnas, considera separaciones entre columnas de 6.00m, 8.00m y 10.00m, y anchos de dados de 0.4m, 0.6m, 0.8m y 1.00m. Se consideró la geometría de zapatas corridas con volados en los extremos y sin volados en los extremos tomando en cuenta limitaciones de colindancias. Cabe señalar que, las cargas puntuales en cada columna no deben variar en más del 10% entre ellas para así obtener resultados confiables.

Para emplear las tablas de coeficientes  $\delta$  se diseñó la siguiente fórmula:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta \quad \text{Ec. 5.2.}$$

Donde:

- $P_u$ : Carga máxima de diseño considerando combinaciones LRFD (Tonf).
- $M_{k0}$ : Momentos máximos suponiendo una viga bajo equilibrio de presiones (Tonf-m).
- $\delta$ : Coeficiente de ajuste que considera el módulo de subrasante (adimensional).
- $M_u$ : Momentos de diseño máximos considerando combinaciones de carga LRFD (Tonf-m).

**NOTA.** Las unidades del denominador son Tonf, esto con el fin de obtener un factor de carga máxima de diseño.

De manera breve puede resumirse el procedimiento del empleo de las tablas de coeficientes  $\delta$  de diseño en los siguientes pasos:

- PASO 1. Determinación de la carga puntual máxima.
- PASO 2. Elección de tabla de coeficiente  $\delta$  de diseño a emplear.
- PASO 3. Obtención de momentos máximos de referencia  $M_{k0}$ .
- PASO 4. Obtención de coeficientes  $\delta$  de diseño en función del módulo de subrasante del suelo.
- PASO 5. Aplicación de fórmula para encontrar momentos de diseño.
- PASO 6. Aplicación de factores de ancho de dado
- PASO 7. Generación del diagrama de momentos máximos últimos.

A continuación, se presentarán una serie de ejemplos desarrollados que buscan aclarar el empleo de las tablas de coeficientes  $\delta$  y demostrar la sencillez con la que se llega a resultados confiables y satisfactorios.

## V.2. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE TABLAS DE COEFICIENTES $\delta$

Con el propósito de esclarecer el empleo de las tablas de coeficiente  $\delta$  se diseñaron una serie de ejemplos con procedimientos descriptivos auxiliados de esquemas a los que se les nombró como “Ejemplos Guía”. Además, se realizaron ejemplos menos detallados para casos complejos donde los resultados se muestran en tablas. En todos ellos se calculan porcentajes de error que consideran a los momentos máximos obtenidos con el software SAFE2016 como los valores exactos.

### EJEMPLO GUÍA 1. Cargas Iguales, 4 Columnas.

Se desea obtener el diagrama de momentos de diseño máximos para una zapata corrida, que no cuenta con contratrabes, y que será construida para una edificación escolar apoyada en un suelo cuyo módulo de subrasante es  $k_s = 3.60 \text{ kg/cm}^3$ . La zapata corrida, de espesor igual a 0.60m, y ancho de losa de 1.00m, soportará cuatro columnas con dados de ancho de 0.40m, las mismas estarán espaciadas a 6.00m entre ejes y contarán con volados en los extremos de 2.00m.

El diseño de la zapata corrida, junto con las cargas últimas soportadas, se muestra en la Figura 5.11 y el procedimiento para la obtención del diagrama de momentos últimos de la misma se desglosa a continuación en una serie de pasos.

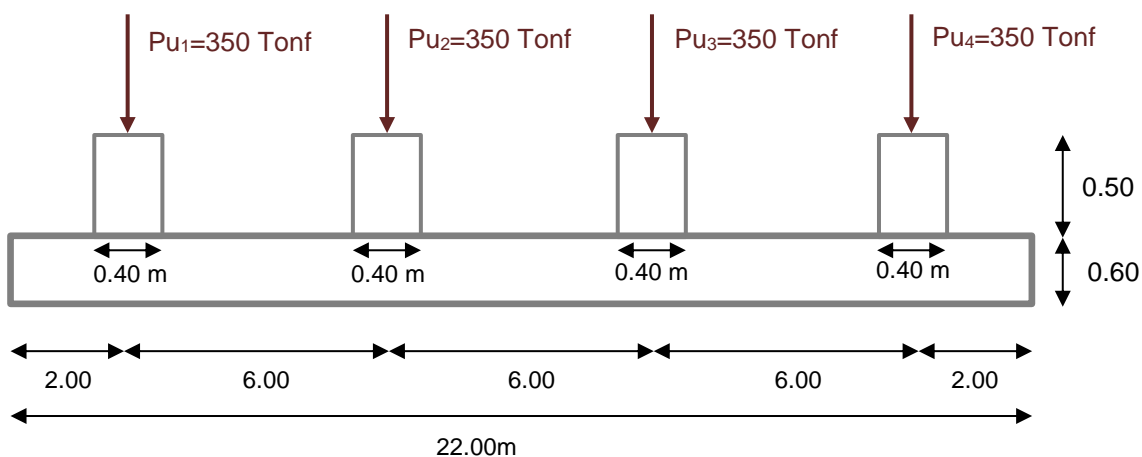


Figura 5.11. Esquema de zapata corrida, sin contratrabes, a analizar para el ejemplo 1.

**PASO 1. Determinación de la carga máxima.** En el presente ejemplo las cargas de diseño son iguales para todas las columnas, por lo tanto, se tiene que la carga puntual máxima a utilizar en la tabla de coeficientes  $\delta$  es:

$$P_u = 350 \text{ Tonf}$$

**PASO 2. Elección de tabla de coeficiente  $\delta$  de diseño a emplear.** Las tablas generadas se clasifican en función de la separación entre columnas y el espesor de las losas de la zapata corrida. Para el presente ejemplo se tiene que la separación entre columnas es de 6.00m, el espesor de la losa es de 0.60m y la zapata corrida cuenta con volados en sus extremos, por lo tanto, es necesario emplear la tabla **S6m – E0.6m – CV**.

**PASO 3. Obtención de momentos máximos de viga  $M_{k0}$ .** Una vez elegida la tabla adecuada para la zapata corrida en estudio se procede a encontrar los momentos máximos de viga, tanto positivo como negativo, en función del número de columnas que soporta la cimentación. Estos datos se localizan en la parte superior de la tabla, tal como se muestra en la Figura 5.12.

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 6m																		
Espesor de losa de 0.60 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	$M_{M\acute{A}X+}$		$M_{M\acute{A}X-}$		$M_{M\acute{A}X+}$		$M_{M\acute{A}X-}$		$M_{M\acute{A}X+}$		$M_{M\acute{A}X-}$		$M_{M\acute{A}X+}$		$M_{M\acute{A}X-}$		$M_{M\acute{A}X+}$	
	$\text{kg/cm}^3$	324	-500	304	-667	295	-1000	289	-1200	286	-1500	284	-1714	282	-2000	280	-2222	279
Coeficientes $\delta$																		

Figura 5.12. Ubicación de momentos de referencia, tanto positivos como negativos, dentro de las tablas de coeficientes  $\delta$  de diseño.

Observando la tabla **S6m – E0.6m – CV** se obtienen los siguientes momentos de viga:

$$M_{k0}^+ = 295 \text{ Tonf} - m$$

$$M_{k0}^- = -1000 \text{ Tonf} - m$$

PASO 4. Obtención de coeficientes δ de diseño en función del módulo de subrasante del suelo. Para encontrar los coeficientes δ se busca en la primera columna de la tabla el valor del módulo de subrasante ks que nos interesa, el cual es de 3.60 kg/cm<sup>3</sup> para el ejemplo 1, y el número de columnas que soporta la zapata corrida sin contratraves (ver Figura 5.13).

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 6m																		
Espesor de losa de 0.60 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>MAX+</sub>		M <sub>MAX-</sub>		M <sub>MAX+</sub>		M <sub>MAX-</sub>		M <sub>MAX+</sub>		M <sub>MAX-</sub>		M <sub>MAX+</sub>		M <sub>MAX-</sub>		M <sub>MAX+</sub>	
	324	-500	304	-667	295	-1000	289	-1200	286	-1500	284	-1714	282	-2000	280	-2222	279	-2500
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.99	1.00	0.99	1.00 *	1.15	1.00 *	1.39	1.00 *	1.55	1.00 *	1.77	1.00 *	1.94	1.00 *	2.14	1.00 *	2.31	1.00 *
0.10	1.01	0.97	1.14	0.84 *	1.36	0.55 *	1.57	0.40 *	1.59	0.31	1.60	0.28	1.59	0.24	1.60	0.21	1.61	0.19
0.50	1.05	0.87	1.36	0.59	1.48	0.36	1.55	0.30	1.54	0.24	1.55	0.21	1.56	0.18	1.57	0.16	1.57	0.14
0.65	1.06	0.84	1.39	0.55	1.49	0.35	1.54	0.29	1.53	0.23	1.54	0.20	1.55	0.17	1.56	0.16	1.56	0.14
1.20	1.10	0.76	1.44	0.47	1.49	0.31	1.50	0.26	1.51	0.20	1.53	0.18	1.54	0.15	1.55	0.14	1.55	0.12
1.30	1.10	0.74	1.45	0.46	1.49	0.30	1.50	0.25	1.52	0.20	1.53	0.18	1.54	0.15	1.55	0.14	1.55	0.12
1.50	1.11	0.72	1.45	0.44	1.48	0.29	1.50	0.24	1.52	0.20	1.53	0.17	1.54	0.15	1.55	0.13	1.55	0.12
3.60	1.15	0.57	1.43	0.37	1.44	0.24	1.46	0.20	1.48	0.16	1.49	0.14	1.50	0.12	1.51	0.11	1.52	0.10
4.00	1.15	0.55	1.42	0.36	1.43	0.24	1.46	0.20	1.47	0.16	1.49	0.14	1.50	0.12	1.50	0.11	1.51	0.10
8.00	1.15	0.44	1.34	0.30	1.35	0.20	1.38	0.17	1.40	0.13	1.41	0.12	1.42	0.10	1.42	0.09	1.43	0.08
10.00	1.13	0.41	1.30	0.29	1.32	0.19	1.34	0.16	1.36	0.13	1.37	0.11	1.38	0.10	1.39	0.09	1.39	0.08
12.00	1.12	0.38	1.26	0.27	1.29	0.18	1.31	0.15	1.33	0.12	1.34	0.11	1.35	0.09	1.35	0.08	1.36	0.07
15.00	1.10	0.35	1.22	0.25	1.24	0.17	1.27	0.14	1.28	0.11	1.29	0.10	1.30	0.08	1.31	0.08	1.31	0.07
20.00	1.06	0.31	1.15	0.23	1.18	0.15	1.20	0.13	1.22	0.10	1.23	0.09	1.24	0.08	1.24	0.07	1.25	0.06
21.00	1.06	0.31	1.14	0.22	1.17	0.15	1.19	0.12	1.21	0.10	1.22	0.09	1.22	0.07	1.23	0.07	1.23	0.06
22.00	1.05	0.30	1.13	0.22	1.16	0.15	1.18	0.12	1.20	0.10	1.21	0.08	1.21	0.07	1.22	0.07	1.22	0.06
24.00	1.04	0.29	1.11	0.21	1.14	0.14	1.16	0.12	1.17	0.09	1.18	0.08	1.19	0.07	1.20	0.06	1.20	0.06
30.00	1.00	0.26	1.06	0.19	1.09	0.13	1.11	0.10	1.13	0.08	1.14	0.07	1.14	0.06	1.15	0.06	1.15	0.05
40.00	0.94	0.22	1.00	0.16	1.03	0.11	1.05	0.09	1.06	0.07	1.07	0.06	1.08	0.05	1.08	0.05	1.09	0.04
44.00	0.92	0.21	0.98	0.15	1.01	0.10	1.03	0.08	1.04	0.07	1.05	0.06	1.06	0.05	1.06	0.05	1.06	0.04
110	0.70	0.10	0.75	0.07	0.77	0.05	0.78	0.04	0.79	0.03	0.80	0.03	0.81	0.02	0.81	0.02	0.81	0.02
150	0.63	0.08	0.67	0.06	0.69	0.04	0.70	0.03	0.71	0.03	0.72	0.02	0.72	0.02	0.73	0.02	0.73	0.02
220	0.54	0.07	0.58	0.05	0.60	0.03	0.61	0.03	0.62	0.02	0.62	0.02	0.63	0.02	0.63	0.02	0.63	0.01
885	0.31	0.04	0.33	0.03	0.34	0.02	0.34	0.02	0.35	0.01	0.35	0.01	0.35	0.01	0.35	0.01	0.36	0.01
1700	0.23	0.03	0.24	0.02	0.25	0.01	0.25	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01
2200	0.20	0.02	0.21	0.02	0.22	0.01	0.22	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.00
3600	0.15	0.02	0.16	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.00	0.18	0.00	0.18	0.00
9000	0.08	0.01	0.09	0.01	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
36000	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00

DADOS		FACTOR	
(m)	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	
0.4	1.00	1.00	
0.6	0.94	1.00	
0.8	0.89	1.00	

- \* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.
- Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos de diseño máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.6m - CV**  
(Tonf-m)

Figura 5.13. Obtención de coeficientes δ en función del número de columnas y del módulo de subrasante del suelo k para zapatas corridas.

Los coeficientes δ encontrados son:

$$\delta^+ = 1.44$$

$$\delta^- = 0.24$$

**PASO 5. Aplicación de fórmula para encontrar momentos de diseño máximos.** Como ya se han hallado los datos necesarios para utilizar la Ec. 5.2 se procede a su evaluación y se obtienen los momentos máximos positivo y negativo con los cuales se diseñará la zapata corrida sin contratraveses.

$$M_u^+ = \frac{350Ton}{1000Ton} \cdot 295 Tonf - m \cdot 1.44 \quad M_u^+ = 148.68 Tonf - m$$

$$M_u^- = \frac{350Ton}{1000Ton} \cdot -1000 Tonf - m \cdot 0.24 \quad M_u^- = -84.00 Tonf - m$$

**PASO 6. Aplicación de factores de ancho de dado.** Como el presente ejemplo tiene el menor ancho de dado analizado para generar las tablas de coeficientes  $\delta$ , el factor por el cual se deben multiplicar los momentos obtenidos es igual a 1. Por lo tanto, los momentos de diseño son los calculados en el paso 5.

**PASO 7. Generación del diagrama de momentos de diseño máximos.** Al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$  se obtienen únicamente los momentos máximos positivo y negativo, por lo cual, la gráfica de momentos queda como muestra la Figura 5.14

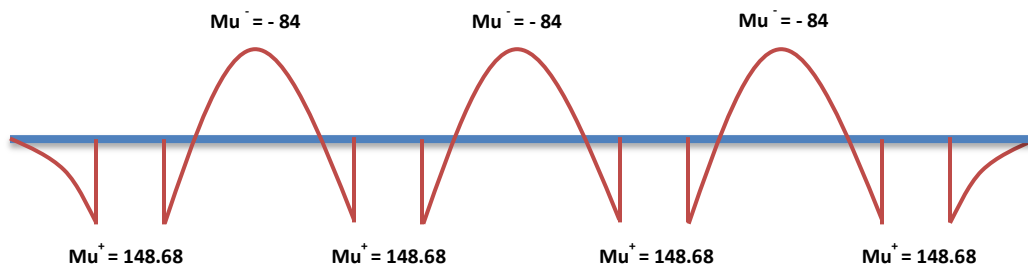


Figura 5.14. Diagrama de momentos de diseño máximos generado al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$ , unidades en Tonf-m.

Una vez obtenido el diagrama de momentos máximos, de la zapata corrida del presente ejemplo, podemos comparar éste con el diagrama de momentos que genera el software SAFE2016.

El modelo generado en SAFE2016 es una zapata que tiene una longitud total de 22.00m, un ancho de 1.00m, dados cuadrados de 0.40m de lado y un módulo de subrasante **ks** de 3.60 kg/cm<sup>3</sup>.

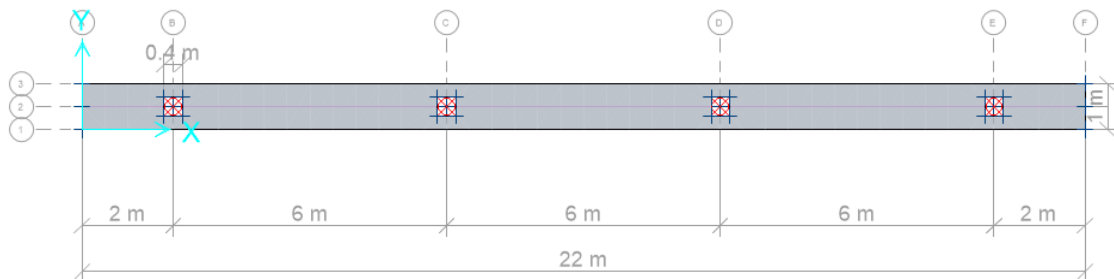


Figura 5.15. Planta generada en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos últimos.

Como se muestra en la Figura 5.15 puede observarse que se colocaron las cargas últimas reales sobre cada columna, cabe destacar que sólo se consideraron estas cargas para el análisis puesto que el peso propio de la cimentación y el peso del suelo localizado sobre ésta se despreciaron en el modelo.

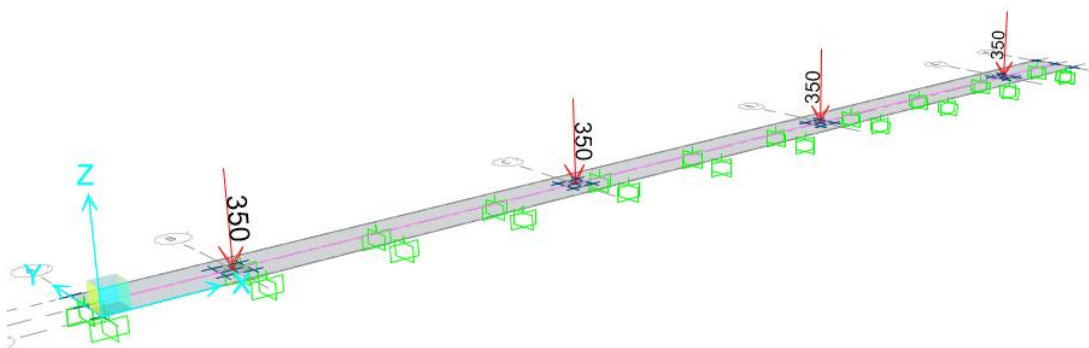


Figura 5.16. Esquema de zapata corrida generada en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos últimos, unidades en Tonf.

Una vez generado el modelo se procede a correr el programa para calcular los diagramas de momentos y el software arroja el esquema de la Figura 5.17 donde se muestran los valores máximos de momentos obtenidos de acuerdo a la base matemática del elemento finito.

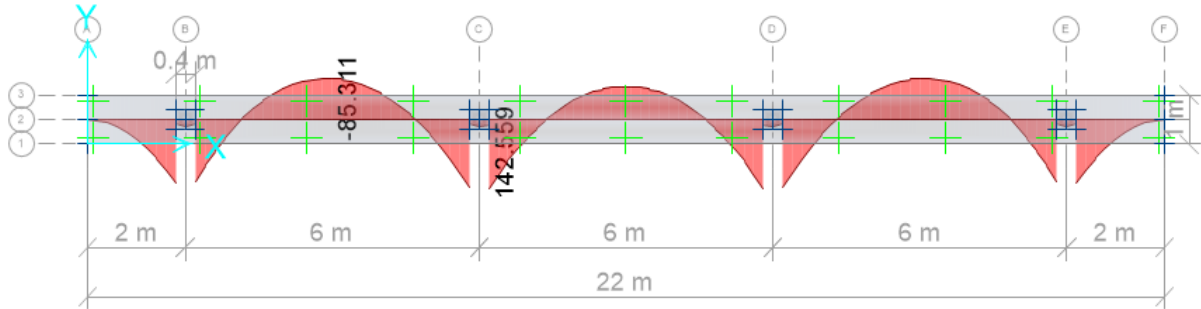


Figura 5.17. Diagrama de momentos máximos generado por el software SAFE2016 para el ejemplo1, unidades en Tonf-m.

Finalmente, generando los diagramas de momentos obtenidos por los dos procedimientos previamente expuestos se llega a la comparación mostrada en la Figura 5.18 y la Tabla 5.7, en donde se advierte de la leve diferencia existente entre ambos métodos. Cabe destacar que para el uso del método de los coeficientes  $\delta$  no es necesaria la instalación de un software de análisis.

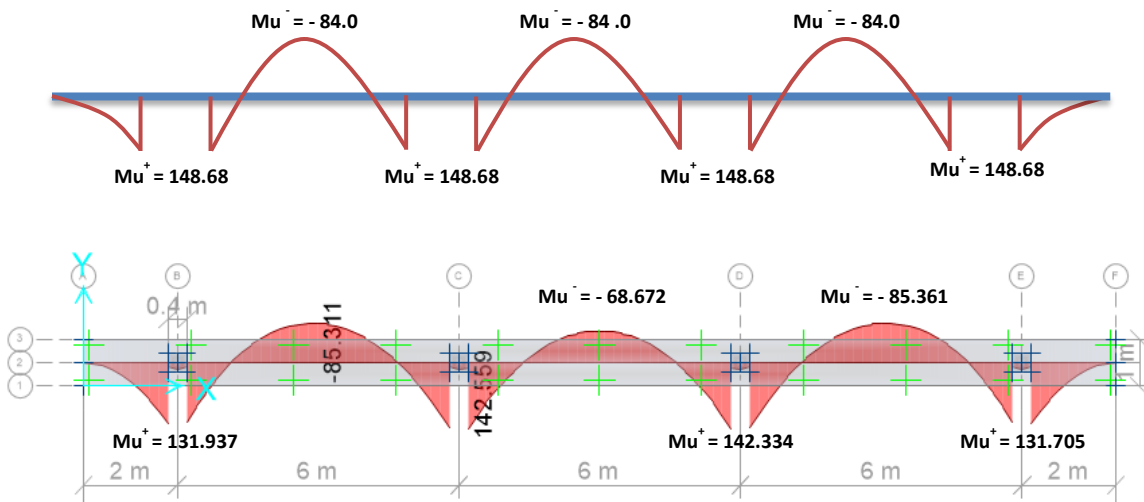


Figura 5.18. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el método de los coeficientes  $\delta$  (arriba) y el software SAFE2016 (abajo), en Tonf-m.

Tabla 5.7. Comparación de resultados obtenidos entre los métodos de las tablas de coeficientes  $\delta$  y el software SAFE2016.

MOMENTOS	MÉTODOS		ERROR
Tonf – m	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	%
$Mu_{MÁX+}$	142.56	148.68	4.29
$Mu_{MÁX-}$	-85.31	-84.00	1.54

Se observan bajos porcentajes de error entre ambos métodos y diagramas de momentos máximo similares. Cabe señalarse que, el procedimiento efectuado con los coeficientes  $\delta$  es sumamente simple y práctico puesto que no es necesario el uso de un software de análisis estructural.

### EJEMPLO GUÍA 2. Cargas Iguales, 5 Columnas

Se desea obtener el diagrama de momentos máximos para una zapata corrida, que no cuenta con contratrabes, que será construida sobre un suelo cuyo módulo de subrasante es  $ks = 0.000001 \text{ kg/cm}^3$ .

La zapata corrida tiene un espesor de 0.70m, un ancho de losa de 1.00m, soporta cinco columnas espaciadas a 8.00m entre ejes, sus dados tienen un ancho de 0.80m y tendrán volados en los extremos de 2.50m. El diseño de la zapata corrida, junto con las cargas últimas soportadas, se muestra en la Figura 5.19 y el procedimiento para la obtención del diagrama de momentos máximos de la misma se desglosa a continuación en una serie de pasos.

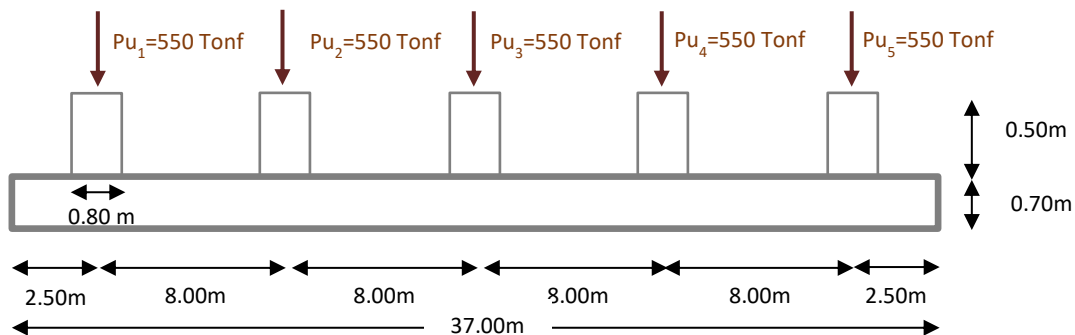


Figura 5.19. Esquema de zapata corrida, sin contratrabes, a analizar para el ejemplo 2.

**PASO 1. Determinación de la carga puntual máxima.** En el presente ejemplo las cargas de diseño son iguales para las cinco columnas, por lo tanto, se tiene que la carga puntual máxima a utilizar en la tabla de coeficientes  $\delta$  es:

$$P_u = 550 \text{ Tonf}$$

**PASO 2. Elección de tabla de coeficiente  $\delta$  a emplear.** Las tablas generadas se clasifican en función de la separación entre columnas y el espesor de las losas de la zapata corrida. Para el presente ejemplo se tiene que la separación entre columnas es de 8.00m, el espesor de la losa es de 0.70m y la zapata corrida cuenta con volados en sus extremos, por lo tanto, es necesario emplear la tabla:

**S8m – E0.7m – CV.**

**PASO 3. Obtención de momentos máximos de viga  $M_{k0}$ .** Una vez elegida la tabla adecuada para la zapata corrida en estudio se procede a encontrar los momentos máximos de viga, tanto positivo como negativo, en función del número de columnas que soporta la cimentación. Estos datos se localizan en la parte superior de la tabla, tal como se muestra en la Figura 5.20.

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 8m																		
Espesor de losa de 0.70 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Ton-m)																	
	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	372	-750	346	-1000	334	-1500	327	-1800	323	-2250	319	-2571	317	-3000	316	-3333	314	-3750
	Coeficientes $\delta$																	

Figura 5.20. Ubicación de momentos de viga, tanto positivos como negativos, dentro de las tablas de coeficientes  $\delta$ .

Observando la tabla **S8m – E0.7m – CV** se obtienen los siguientes momentos de viga:

$$M_{k0}^+ = 327 \text{ Tonf} - m$$

$$M_{k0}^- = -1800 \text{ Tonf} - m$$

PASO 4. Obtención de coeficientes δ en función del módulo de subrasante del suelo. Para encontrar los coeficientes δ se busca en la primera columna de la tabla el valor del módulo de subrasante ks que interesa, el cual es de 0.000001 kg/cm³ para el ejemplo 2, y el número de columnas que soporta la zapata corrida sin contratraves (ver Figura 5.21).

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 8m																			
Espesor de losa de 0.70 m																			
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10		
ks	M <sub>MÁX+</sub>		M <sub>MÁX-</sub>		M <sub>MÁX+</sub>		M <sub>MÁX-</sub>		M <sub>MÁX+</sub>		M <sub>MÁX-</sub>		M <sub>MÁX+</sub>		M <sub>MÁX-</sub>		M <sub>MÁX+</sub>		
	372	-750	346	-1000	334	-1500	327	-1800	323	-2250	319	-2571	317	-3000	316	-3333	314	-3750	
kg/cm³	Coeficientes δ																		
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.08	1.00 *	1.19	1.00 *	1.26	1.00 *	1.36	1.00 *	1.44	1.00 *	
0.10	1.03	0.94	1.21	0.74 *	1.52	0.43	1.81	0.35	1.83	0.28	1.85	0.24	1.86	0.21	1.86	0.19	1.84	0.17	
0.50	1.11	0.78	1.60	0.47	1.71	0.30	1.78	0.25	1.77	0.20	1.79	0.18	1.80	0.15	1.81	0.14	1.82	0.12	
0.65	1.13	0.73	1.63	0.44	1.72	0.28	1.76	0.24	1.76	0.19	1.78	0.17	1.79	0.14	1.80	0.13	1.81	0.11	
1.20	1.18	0.62	1.68	0.37	1.71	0.25	1.73	0.21	1.76	0.17	1.78	0.15	1.79	0.12	1.79	0.11	1.80	0.10	
1.30	1.19	0.61	1.68	0.36	1.70	0.24	1.73	0.20	1.75	0.16	1.77	0.14	1.78	0.12	1.79	0.11	1.80	0.10	
1.50	1.20	0.58	1.67	0.35	1.69	0.24	1.72	0.20	1.75	0.16	1.77	0.14	1.78	0.12	1.79	0.11	1.79	0.09	
3.60	1.23	0.42	1.58	0.28	1.60	0.19	1.64	0.16	1.66	0.13	1.68	0.11	1.69	0.09	1.70	0.08	1.70	0.08	
4.00	1.23	0.41	1.57	0.27	1.59	0.18	1.62	0.15	1.64	0.12	1.66	0.11	1.67	0.09	1.68	0.08	1.69	0.07	
8.00	1.20	0.31	1.41	0.22	1.45	0.15	1.48	0.12	1.50	0.10	1.52	0.09	1.52	0.07	1.53	0.07	1.54	0.06	
10.00	1.18	0.28	1.35	0.20	1.39	0.13	1.42	0.11	1.44	0.09	1.46	0.08	1.46	0.07	1.47	0.06	1.48	0.05	
12.00	1.15	0.26	1.30	0.19	1.34	0.12	1.37	0.10	1.39	0.08	1.41	0.07	1.41	0.06	1.42	0.06	1.43	0.05	
15.00	1.12	0.23	1.24	0.17	1.28	0.11	1.31	0.09	1.32	0.07	1.34	0.07	1.34	0.06	1.35	0.05	1.36	0.04	
20.00	1.06	0.19	1.15	0.14	1.19	0.10	1.22	0.08	1.23	0.06	1.25	0.06	1.25	0.05	1.26	0.04	1.27	0.04	
21.00	1.05	0.19	1.14	0.14	1.18	0.09	1.20	0.08	1.22	0.06	1.23	0.05	1.24	0.05	1.24	0.04	1.25	0.04	
22.00	1.04	0.18	1.12	0.14	1.16	0.09	1.19	0.08	1.20	0.06	1.22	0.05	1.22	0.05	1.23	0.04	1.23	0.04	
24.00	1.02	0.17	1.10	0.13	1.14	0.09	1.16	0.07	1.18	0.06	1.19	0.05	1.20	0.04	1.21	0.04	1.21	0.03	
30.00	0.97	0.15	1.05	0.11	1.08	0.07	1.11	0.06	1.12	0.05	1.13	0.04	1.14	0.04	1.15	0.03	1.15	0.03	
40.00	0.90	0.12	0.97	0.09	1.01	0.06	1.03	0.05	1.04	0.04	1.05	0.03	1.06	0.03	1.06	0.03	1.07	0.02	
44.00	0.88	0.11	0.95	0.08	0.98	0.05	1.00	0.04	1.01	0.04	1.02	0.03	1.03	0.03	1.04	0.02	1.04	0.02	
110	0.65	0.06	0.70	0.05	0.72	0.03	0.74	0.03	0.75	0.02	0.75	0.02	0.76	0.02	0.76	0.01	0.77	0.01	
150	0.58	0.05	0.62	0.04	0.64	0.03	0.65	0.02	0.66	0.02	0.67	0.02	0.67	0.01	0.68	0.01	0.68	0.01	
220	0.49	0.05	0.53	0.04	0.55	0.02	0.56	0.02	0.57	0.02	0.58	0.01	0.58	0.01	0.58	0.01	0.59	0.01	
885	0.27	0.03	0.29	0.02	0.30	0.01	0.31	0.01	0.31	0.01	0.32	0.01	0.32	0.01	0.32	0.01	0.32	0.01	
1700	0.19	0.02	0.21	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.23	0.01	0.23	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00	
2200	0.17	0.02	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19	0.01	0.19	0.01	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	
3600	0.12	0.01	0.13	0.01	0.14	0.01	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	
9000	0.06	0.01	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	
36000	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	

ANCHO DADO (m)	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1	0.91	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos de momentos de diseño máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.7m - CV**  
(Ton-m)

Figura 5.21. Obtención de coeficientes δ en función del número de columnas y del módulo de subrasante del suelo ks para zapatas corridas.

Los coeficientes δ encontrados son:

$$\delta^+ = 1.00$$

$$\delta^- = 1.00$$

Con un símbolo “\*” junto al factor de momento negativo se indica que, bajo cargas iguales sobre cada una de las columnas, el diagrama de momentos presenta únicamente valores positivos en las columnas de los extremos, mientras que el resto de momentos son negativos.

*PASO 5. Aplicación de fórmula para encontrar momentos máximos.* Como ya se han hallado los datos necesarios para utilizar la Ec. 5.2, se procede a su evaluación y se obtienen los momentos máximos positivo y negativo con los cuales se diseñará la zapata corrida sin contratrabes.

$$M_u^+ = \frac{550Ton}{1000Ton} \cdot 327 Tonf - m \cdot 1.00 \qquad M_u^+ = 179.85 Tonf - m$$

$$M_u^- = \frac{550Ton}{1000Ton} \cdot -1800 Tonf - m \cdot 1.00 \qquad M_u^- = -990 Tonf - m$$

*PASO 6. Aplicación de factores de ancho de dado.* La zapata corrida que se está analizando tiene un ancho de dados de 0.80m y los datos obtenidos en el paso 5 son los momentos de diseño para dados de ancho igual a 0.60m, por ello, se utilizan los factores ubicados en la parte inferior izquierda de la tabla (ver Figura 5.22) para obtener los momentos acorde al ancho real de dados.

ANCHO DADO (m)	FACTOR	
	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.91	1.00

Figura 5.22. Factores de ancho de dado ubicados en la parte inferior izquierda de las tablas de coeficientes  $\delta$ .

Los cálculos necesarios para afectar los momentos máximos en función del ancho real de los dados se muestran a continuación:

$$M_u^+ \cdot 0.96 = (179.85 Tonf - m)(0.96)$$

$$M_u^+ = 172.66 Tonf - m$$

$$M_u^- \cdot 1.00 = (-990 \text{ Tonf} - m)(1.00)$$

$$M_u^- = -990 \text{ Tonf} - m$$

**PASO 7. Generación del diagrama de momentos máximos.** Al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$  se obtienen únicamente los momentos máximos positivo y negativo. Ahora bien, este ejemplo en particular, tiene un coeficiente negativo marcado con el símbolo “\*”, lo cual señala que, ante cargas iguales en todas las columnas de la zapata corrida, el diagrama de momentos únicamente presenta valores positivos en las columnas extremas, mientras que, el resto de la zapata tiene valores negativos. Lo anterior se aprecia claramente en la Figura 5.23.

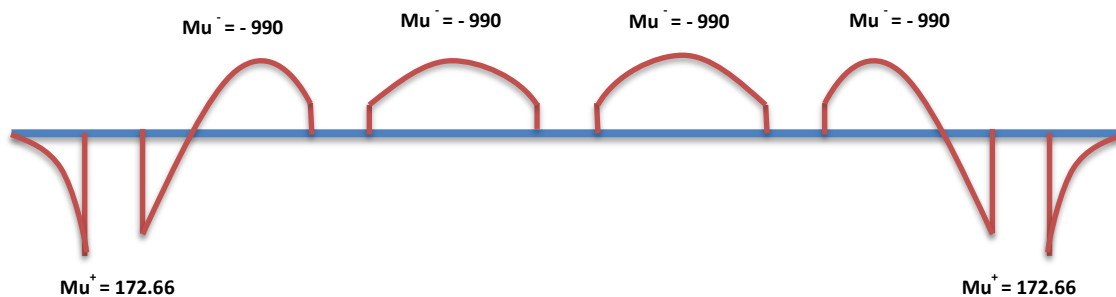


Figura 5.23. Diagrama de momentos últimos generado al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$ , unidades en Tonf-m.

Una vez obtenido el diagrama de momentos máximos de la zapata corrida del presente ejemplo, podemos comparar éste con el diagrama de momentos que genera el software SAFE2016.

El modelo generado en SAFE2016 es una zapata que tiene una longitud total de 37.00m, un ancho de 1.00m, dados cuadrados de 0.80m de lado y un módulo de subrasante **ks** de 0.000001 kg/cm<sup>3</sup>.

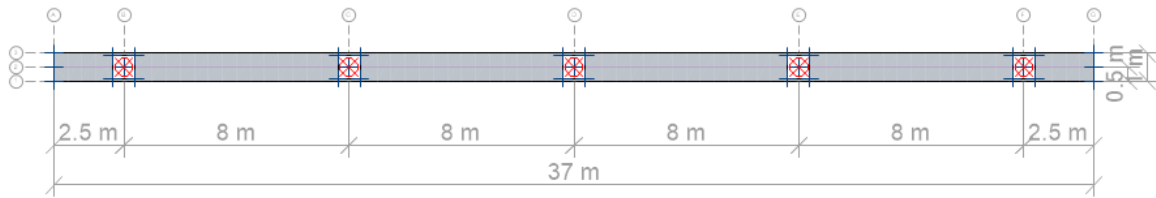


Figura 5.24. Planta generada en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos últimos.

Como se muestra en la Figura 5.25 puede observarse que se colocaron las cargas últimas reales sobre cada columna, cabe destacar que, sólo se consideraron estas cargas para el análisis puesto que el peso propio de la cimentación y el peso del suelo localizado sobre ésta se despreciaron en el modelo.

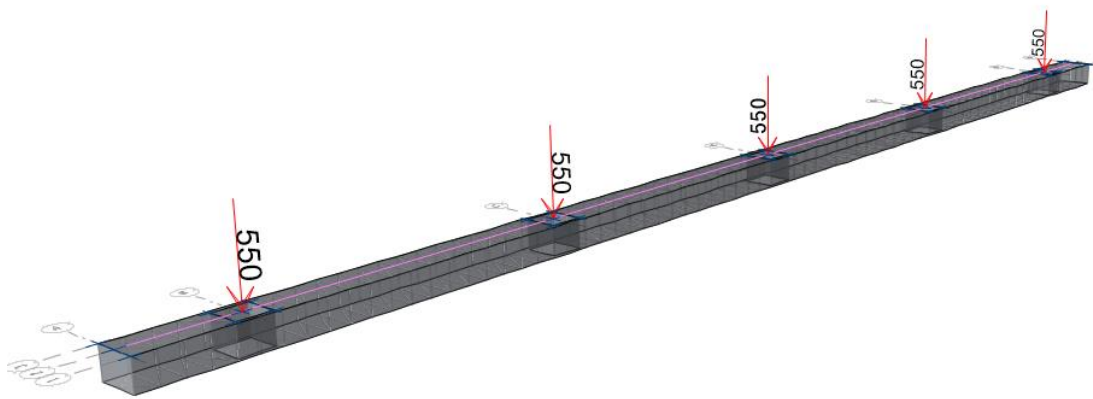


Figura 5.25. Esquema de zapata corrida en 3D generado en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos máximos, unidades en Tonf.

Una vez generado el modelo se procede a correr el programa para calcular los diagramas de momentos y el software arroja el esquema de la Figura 5.26 donde se muestran los valores máximos de momentos obtenidos de acuerdo a la base matemática del elemento finito.

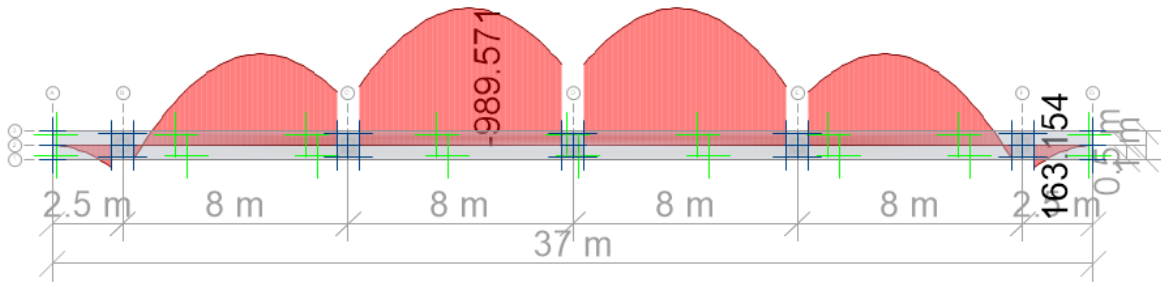


Figura 5.26. Diagrama de momentos generado por el software SAFE2016 para el ejemplo1. Vista en planta con unidades en Tonf-m.

Finalmente, generando los diagramas de momentos obtenidos por los dos procedimientos previamente expuestos se llega a la comparación mostrada en la Figura 5.27 y la Tabla 5.8, en la cual se advierte de la diferencia existente entre ambos métodos.

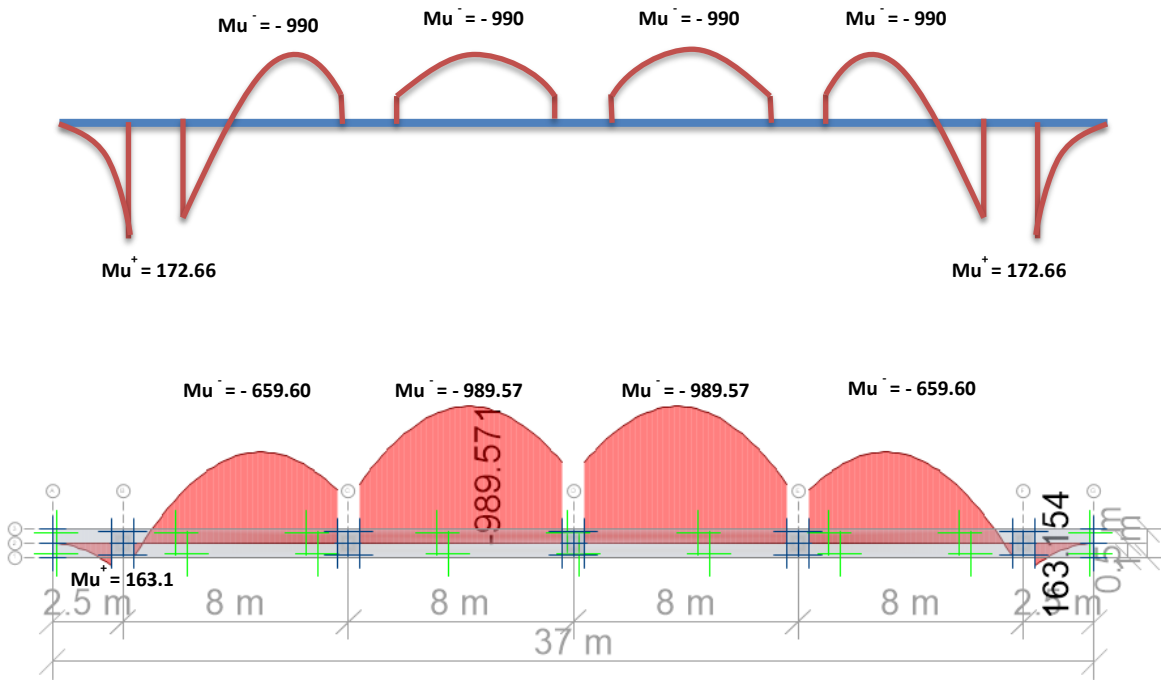


Figura 5.27. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el método de los coeficientes  $\delta$  (arriba) y el software SAFE2016 (abajo), en Tonf-m.

Tabla 5.8. Comparación de resultados obtenidos entre los métodos de las tablas de coeficientes  $\delta$  y el software SAFE2016.

MOMENTOS	MÉTODOS		ERROR
Tonf – m	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	%
$Mu_{MÁX+}$	163.154	172.66	5.82
$Mu_{MÁX-}$	-989.571	-990	0.04

Se observan bajos porcentajes de error entre los métodos comparados y los diagramas de momentos máximo similares. Cabe señalarse que, el procedimiento que debe seguirse con los coeficientes  $\delta$  es sumamente simple y práctico puesto que no es necesario el uso de un software de análisis estructural.

### EJEMPLO GUÍA 3. Cargas Iguales, 6 Columnas, Sin Volados

Se desea obtener el diagrama de momentos máximos para una zapata corrida, que no cuenta con contratrabes, y construida sobre un suelo cuyo módulo de subrasante es  $ks = 12 \text{ kg/cm}^3$ . La zapata corrida no cuenta con volados, soporta seis columnas espaciadas a 10.00m, el espesor de su losa es de 0.80m y el ancho de sus dados es de 0.60m.

El diseño de la zapata corrida, junto con las cargas últimas soportadas, se muestra en la Figura 5.28 y el procedimiento para la obtención del diagrama de momentos de diseño máximos de la misma se desglosa a continuación en una serie de pasos.

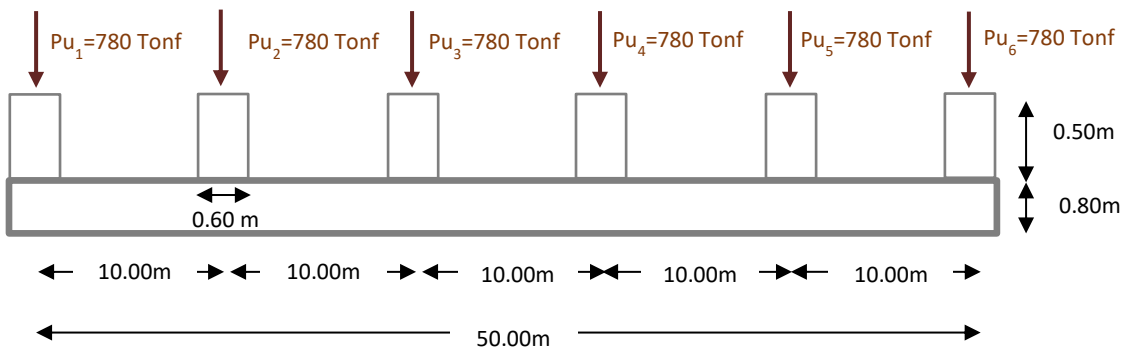


Figura 5.28. Esquema de zapata corrida, sin contratrabes, a analizar para el ejemplo 3.

*PASO 1. Determinación de la carga puntual máxima.* En el presente ejemplo las cargas de diseño son iguales para las seis columnas, por lo tanto, se tiene que la carga puntual máxima a utilizar en la tabla de coeficientes  $\delta$  es:

$$P_u = 780 \text{ Tonf}$$

*PASO 2. Elección de tabla de coeficiente  $\delta$  para momentos máximos a emplear.* Las tablas generadas se clasifican en función de la separación entre columnas y el espesor de la losa de la zapata corrida. Para el presente ejemplo se tiene que la separación entre columnas es de 10.00m, el espesor de la losa es de 0.80m y la zapata corrida no cuenta con volados en sus extremos, por lo tanto, es necesario emplear la tabla **S10m – E0.8m – SV**.

*PASO 3. Obtención de momentos máximos de viga  $M_{k0}$ .* Una vez elegida la tabla adecuada para la zapata corrida en estudio se procede a encontrar los momentos máximos de viga, tanto positivo como negativo, en función del número de columnas que soporta la cimentación. Estos datos se localizan en la parte superior de la tabla, tal como se muestra en la Figura 5.29.

COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	$M_{k0}$ (Tonf-m)																	
	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$
	0.1	-2350	0.1	-3183	0.1	-4850	0.1	-5850	0.1	-7350	0.1	-8421	0.1	-9850	0.1	-10961	0.1	-12350

Figura 5.29. Ubicación de momentos de referencia, tanto positivos como negativos, dentro de las tablas de coeficientes  $\delta$ .

Observando la tabla **S10m – E0.8m – SV** se obtienen los siguientes momentos de referencia:

$$M_{k0}^+ = 0.1 \text{ Tonf} - m$$

$$M_{k0}^- = -7350 \text{ Tonf} - m$$

PASO 4. Obtención de coeficientes δ en función del módulo de subrasante del suelo. Para encontrar los coeficientes δ se busca en la primera columna de la tabla el valor del módulo de subrasante ks que nos interesa, el cual es de 12 kg/cm³ para el ejemplo 3, y el número de columnas que soporta la zapata corrida sin contratrabes (ver Figura 5.30).

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 10.00m																		
Espesor de losa de 0.80m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>
	0.1	-2350	0.1	-3183	0.1	-4850	0.1	-5850	0.1	-7350	0.1	-8421	0.1	-9850	0.1	-10961	0.1	-12350
Coeficientes δ																		
1E-06	0.00	1.06	0.00	1.09	0.00	1.06	0.00	1.06	0.00	1.05	0.00	1.05	0.00	1.04	0.00	1.05	0.00	1.04
0.10	0.00	1.04	0.00	0.82	0.00	0.47	5289	0.38	7055	0.31	8947	0.27	8437	0.23	8121	0.21	8109	0.18
0.50	0.00	0.95	0.686	0.55	4802	0.35	8448	0.30	7882	0.24	7808	0.21	7827	0.18	7826	0.16	7826	0.14
0.65	0.00	0.92	2274	0.52	5484	0.34	8255	0.28	7718	0.22	7711	0.19	7721	0.17	7720	0.15	7720	0.13
1.20	0.00	0.82	5182	0.44	6518	0.30	7539	0.25	7269	0.20	7292	0.17	7291	0.15	7291	0.13	7291	0.12
1.30	0.00	0.80	5465	0.44	6602	0.29	7441	0.24	7208	0.19	7228	0.17	7227	0.14	7227	0.13	7227	0.11
1.50	0.00	0.77	5912	0.42	6726	0.28	7269	0.23	7097	0.19	7114	0.16	7113	0.14	7113	0.12	7113	0.11
3.60	0.00	0.54	7088	0.34	6802	0.22	6812	0.19	6812	0.15	6812	0.13	6812	0.11	6812	0.10	6812	0.09
4.00	0.00	0.51	7087	0.33	6754	0.22	6771	0.18	6770	0.14	6770	0.13	6770	0.11	6770	0.10	6770	0.09
8.00	0.00	0.37	6506	0.27	6088	0.18	6099	0.15	6099	0.12	6099	0.10	6099	0.09	6099	0.08	6099	0.07
10.00	0.00	0.34	6129	0.26	5782	0.17	5789	0.14	5789	0.11	5789	0.10	5789	0.08	5789	0.07	5789	0.07
12.00	0.00	0.32	5790	0.24	5506	0.16	5509	0.13	5509	0.10	5509	0.09	5509	0.08	5509	0.07	5509	0.06
15.00	0.00	0.30	5357	0.23	5150	0.15	5150	0.12	5150	0.10	5150	0.09	5150	0.07	5150	0.07	5150	0.06
20.00	0.00	0.28	4807	0.21	4684	0.14	4683	0.11	4683	0.09	4683	0.08	4683	0.07	4683	0.06	4683	0.05
21.00	0.00	0.27	4717	0.21	4606	0.14	4605	0.11	4605	0.09	4605	0.08	4605	0.07	4605	0.06	4605	0.05
22.00	0.00	0.27	4633	0.20	4532	0.13	4532	0.11	4532	0.09	4532	0.08	4532	0.07	4532	0.06	4532	0.05
24.00	0.00	0.27	4478	0.20	4396	0.13	4396	0.11	4396	0.09	4396	0.08	4396	0.06	4396	0.06	4396	0.05
30.00	0.00	0.25	4104	0.19	4061	0.12	4061	0.10	4061	0.08	4061	0.07	4061	0.06	4061	0.05	4061	0.05
40.00	0.00	0.23	3675	0.17	3665	0.11	3664	0.09	3664	0.08	3664	0.07	3664	0.06	3664	0.05	3664	0.04
44.00	0.00	0.23	3547	0.17	3543	0.11	3543	0.09	3543	0.07	3543	0.06	3543	0.05	3543	0.05	3543	0.04
110	228	0.18	2580	0.13	2586	0.09	2590	0.07	2590	0.06	2590	0.05	2590	0.04	2590	0.04	2590	0.03
150	245	0.17	2321	0.12	2324	0.08	2326	0.07	2326	0.05	2326	0.05	2326	0.04	2326	0.04	2326	0.03
220	199	0.15	2026	0.11	2028	0.07	2028	0.06	2028	0.05	2028	0.04	2028	0.04	2028	0.03	2028	0.03
885	46	0.10	1148	0.08	1148	0.05	1148	0.04	1148	0.03	1148	0.03	1148	0.02	1148	0.02	1148	0.02
1700	26	0.09	829	0.06	829	0.04	829	0.03	829	0.03	829	0.02	829	0.02	829	0.02	829	0.02
2200	19	0.08	719	0.06	719	0.04	719	0.03	719	0.03	719	0.02	719	0.02	719	0.02	719	0.02
3600	10	0.07	532	0.05	532	0.03	532	0.03	532	0.02	532	0.02	532	0.02	532	0.01	532	0.01
9000	1	0.05	267	0.04	267	0.03	267	0.02	267	0.02	267	0.01	267	0.01	267	0.01	267	0.01
36000	0.00	0.03	58	0.02	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.97	1.00
1.0	0.94	1.00

Para k: 0.5-29 kg/cm³ Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

30-1700 kg/cm³ Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos de diseño máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

S10m - E0.8m - SV  
(Tonf-m)

Figura 5.30. Obtención de coeficientes δ en función del número de columnas y del módulo de subrasante del suelo ks para zapatas corridas.

Los coeficientes δ encontrados son:

$$\delta^+ = 5509$$

$$\delta^- = 0.10$$

**PASO 5. Aplicación de fórmula para encontrar momentos máximos.** Como ya se han hallado los datos necesarios para utilizar la Ec. 5.2, se procede a su evaluación y se obtienen los momentos máximos positivo y negativo con los cuales se diseñará la zapata corrida sin contratrabes.

$$M_u^+ = \frac{780 \text{ Ton}}{1000\text{Ton}} \cdot 0.1 \text{ Tonf} - m \cdot 5509 \quad M_u^+ = 429.702 \text{ Tonf} - m$$

$$M_u^- = \frac{780 \text{ Ton}}{1000\text{Ton}} \cdot -7350 \text{ Tonf} - m \cdot 0.10 \quad M_u^- = -573.3 \text{ Tonf} - m$$

**PASO 6. Aplicación de factores de ancho de dado.** Como el presente ejemplo tiene el menor ancho de dado analizado para generar las tablas de coeficientes  $\delta$ , el factor por el cual se deben multiplicar los momentos obtenidos es igual a 1. Por lo tanto, los momentos de diseño son los calculados en el paso 5.

**PASO 7. Generación del diagrama de momentos máximos.** Al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$  se obtienen los momentos máximos positivo, máximo negativo, así como valor aproximado del resto de los momentos negativos. En la tabla **S10m–E0.8m – SV**, se indica que el valor del resto de los momentos negativos es igual al 30% del valor máximo negativo, y con ello, se genera el diagrama de momentos que muestra la Figura 5.31.

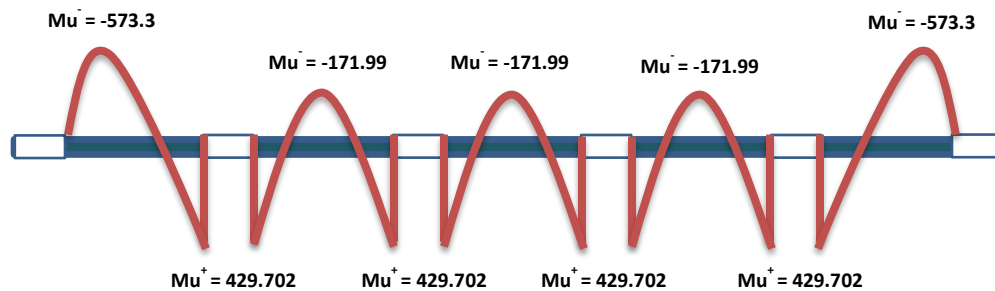


Figura 5.31. Diagrama de momentos máximos generado al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$ , unidades en Tonf-m.

Una vez obtenido el diagrama de momentos máximos de la zapata corrida del presente ejemplo podemos comparar éste con el diagrama de momentos que genera el software SAFE2016.

El modelo generado en SAFE2016 es una zapata que tiene una longitud total de 50.00m, un ancho de 1.00m, dados cuadrados de 0.60m de lado y un módulo de subrasante **ks** de 12 kg/cm<sup>3</sup>.



Figura 5.32. Planta generada en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos.

En la Figura 5.33, puede observarse que se colocaron las cargas últimas reales sobre cada columna, cabe destacar que sólo se consideraron estas cargas para el análisis, puesto que, el peso propio de la cimentación y el peso del suelo localizado sobre ésta se despreciaron en el modelo.

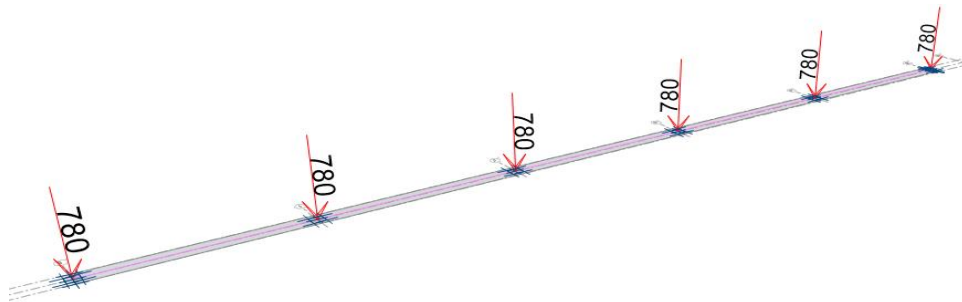


Figura 5.33. Modelo de zapata corrida generado en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos, unidades en Tonf.

Una vez generado el modelo se procede a correr el programa para calcular los valores de momentos máximos y el software arroja el esquema de la Figura 5.34 donde se muestran los valores máximos de momentos obtenidos de acuerdo a la base matemática del elemento finito.

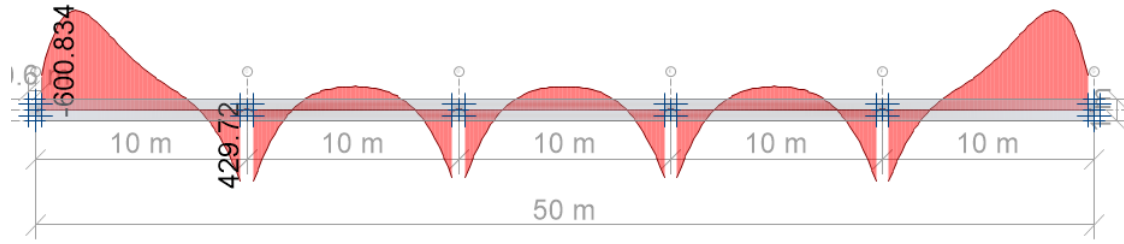


Figura 5.34. Diagrama de momentos últimos generado por el software SAFE2016 para el ejemplo tres, unidades en Tonf-m.

Finalmente, generando los diagramas de momentos obtenidos por los dos procedimientos previamente expuestos se llega a la comparación mostrada en la Figura 5.35 y la Tabla 5.9, en la cual se advierte de la diferencia existente entre ambos métodos. En este caso se anexa el valor del momento negativo en claros interiores debido a que las tablas de coeficientes  $\delta$  indican que equivalen al 30% del valor del momento máximo negativo.

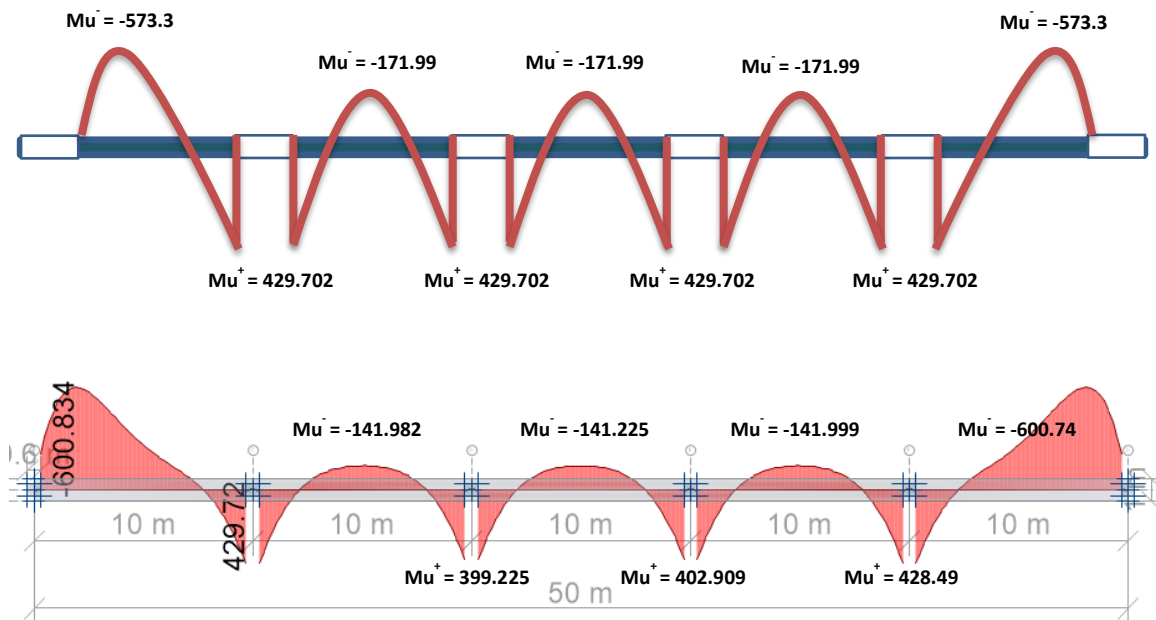


Figura 5.35. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el método de los coeficientes  $\delta$  (arriba) y el software SAFE2016 (abajo). Unidades en Tonf-m.

Tabla 5.9. Comparación de resultados obtenidos entre los métodos de las tablas de coeficientes  $\delta$  y el software SAFE2016.

MOMENTOS	MÉTODOS		ERROR
Tonf – m	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	%
$Mu_{MÁX+}$	429.720	429.702	0.00
$Mu_{MÁX-}$	-600.834	-573.300	4.58

Puede observarse que los porcentajes de error son bajos, además de que los diagramas de momentos son similares. El método de los coeficientes  $\delta$  resulta efectivo y práctico.

#### EJEMPLO GUÍA 4. Cargas Iguales, 5 Columnas, Sin Volados.

Se desea obtener el diagrama de momentos máximos para una zapata corrida, que no cuenta con contratrabes, y que será construida en un suelo cuyo módulo de subrasante es  $ks = 150 \text{ kg/cm}^3$ . La zapata corrida, de espesor igual a 0.50m, soportará cinco columnas con dados de ancho de 0.60m, las columnas estarán espaciadas a 6.00m entre ejes y la cimentación no contarán con volados.

El diseño de la zapata corrida, junto con las cargas últimas soportadas, se muestra en la Figura 5.36 y el procedimiento para la obtención del diagrama de momentos máximos de la misma se desglosa a continuación en una serie de pasos.

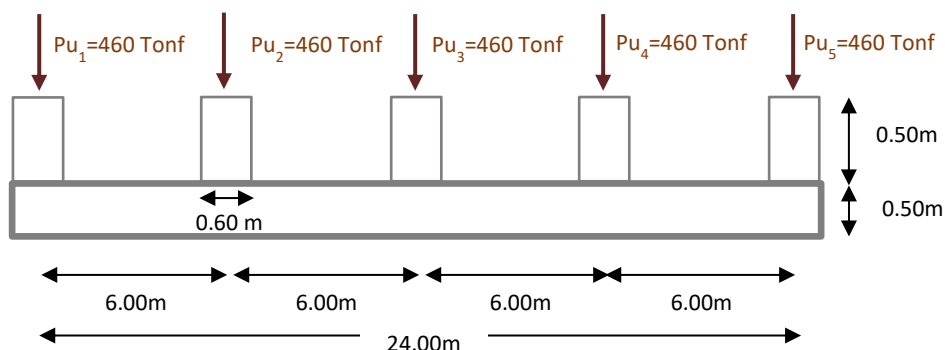


Figura 5.36. Esquema de zapata corrida, sin contratrabes, a analizar para el ejemplo 4.

*PASO 1. Determinación de la carga puntual máxima.* En el presente ejemplo las cargas de diseño son iguales para las cinco columnas, por lo tanto, se tiene que la carga puntual máxima a utilizar en la tabla de coeficientes  $\delta$  es:

$$P_u = 460 \text{ Tonf}$$

*PASO 2. Elección de tabla de coeficiente  $\delta$  para momentos máximos a emplear.* Las tablas generadas se clasifican en función de la separación entre columnas y el espesor de la losa de la zapata corrida. Para el presente ejemplo se tiene que la separación entre columnas es de 6.00m, el espesor de la losa es de 0.50m y la zapata corrida no cuenta con volados en sus extremos, por lo tanto, es necesario emplear la tabla **S6m – E0.5m – SV**.

*PASO 3. Obtención de momentos máximos de viga  $M_{k0}$ .* Una vez elegida la tabla adecuada para la zapata corrida en estudio se procede a encontrar los momentos máximos de viga, tanto positivo como negativo, en función del número de columnas que soporta la cimentación. Estos datos se localizan en la parte superior de la tabla, tal como se muestra en la Figura 5.37.

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 6.00m																		
Espesor de losa de 0.50m																		
COL	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
ks	$M_{k0}$ (Tonf-m)																	
	$M_{MAX+}$	$M_{MAX-}$	$M_{MAX+}$	$M_{MAX-}$	$M_{MAX+}$	$M_{MAX-}$	$M_{MAX+}$	$M_{MAX-}$	$M_{MAX+}$	$M_{MAX-}$	$M_{MAX+}$	$M_{MAX-}$	$M_{MAX+}$	$M_{MAX-}$	$M_{MAX+}$	$M_{MAX-}$		
	0.1	-1400	0.1	-1900	0.1	-2900	0.1	-3500	0.1	-4400	0.1	-5043	0.1	-5900	0.1	-6567	0.1	-7400

Figura 5.37. Ubicación de momentos de referencia, tanto positivos como negativos, dentro de las tablas de coeficientes  $\delta$ .

Observando la tabla **S6m – E0.5m – SV** se obtienen los siguientes momentos de referencia:

$$M_{k0}^+ = 0.1 \text{ Tonf} - m$$

$$M_{k0}^- = -3500 \text{ Tonf} - m$$

PASO 4. Obtención de coeficientes  $\delta$  en función del módulo de subrasante del suelo. Para encontrar los coeficientes  $\delta$  se busca en la primera columna de la tabla el valor del módulo de subrasante **ks** que nos interesa, el cual es de 150 kg/cm<sup>3</sup> para el ejemplo 4, y el número de columnas que soporta la zapata corrida sin contratraves (ver Figura 5.38).

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 6.00m																		
Espesor de losa de 0.50m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>MAX+</sub>		M <sub>MAX-</sub>		M <sub>MAX+</sub>		M <sub>MAX-</sub>		M <sub>MAX+</sub>		M <sub>MAX-</sub>		M <sub>MAX+</sub>		M <sub>MAX-</sub>		M <sub>MAX+</sub>	
	0.1	-1400	0.1	-1900	0.1	-2900	0.1	-3500	0.1	-4400	0.1	-5043	0.1	-5900	0.1	-6567	0.1	-7400
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes $\delta$																	
1E-06	0.00	1.07	0.00	1.05	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.01	0.00	1.01
0.10	0.00	1.06	0.00	0.91	0.00	0.54	518	0.42	2822	0.33	4905	0.29	5101	0.25	5200	0.23	4869	0.20
0.50	0.00	1.01	0.00	0.66	1386	0.40	4788	0.33	4770	0.26	4650	0.23	4558	0.20	4566	0.18	4566	0.16
0.65	0.00	0.99	0.00	0.61	2053	0.38	4968	0.32	4751	0.25	4613	0.22	4626	0.19	4630	0.17	4630	0.15
1.20	0.00	0.93	1192	0.52	3186	0.34	4872	0.28	4547	0.22	4541	0.20	4548	0.17	4547	0.15	4547	0.13
1.30	0.00	0.91	1465	0.51	3295	0.33	4826	0.28	4516	0.22	4516	0.19	4522	0.16	4521	0.15	4521	0.13
1.50	0.00	0.89	1923	0.49	3468	0.32	4733	0.27	4457	0.21	4465	0.19	4468	0.16	4468	0.14	4468	0.13
3.60	0.00	0.72	3803	0.40	4032	0.27	4108	0.22	4057	0.17	4062	0.15	4062	0.13	4062	0.12	4062	0.10
4.00	0.00	0.69	3917	0.39	4048	0.26	4042	0.21	4018	0.17	4018	0.15	4018	0.13	4018	0.11	4018	0.10
8.00	0.00	0.50	4159	0.33	3943	0.21	3954	0.18	3954	0.14	3954	0.12	3954	0.11	3954	0.09	3954	0.08
10.00	0.00	0.45	4104	0.31	3835	0.20	3849	0.17	3848	0.13	3848	0.12	3848	0.10	3848	0.09	3848	0.08
12.00	0.00	0.41	4000	0.29	3719	0.19	3731	0.16	3730	0.13	3730	0.11	3730	0.09	3730	0.08	3730	0.07
15.00	0.00	0.38	3819	0.27	3568	0.18	3575	0.15	3574	0.12	3574	0.10	3574	0.09	3574	0.08	3574	0.07
20.00	0.00	0.34	3524	0.25	3330	0.16	3333	0.14	3333	0.11	3333	0.09	3333	0.08	3333	0.07	3333	0.06
21.00	0.00	0.33	3469	0.25	3286	0.16	3288	0.13	3288	0.11	3288	0.09	3288	0.08	3288	0.07	3288	0.06
22.00	0.00	0.33	3417	0.24	3243	0.16	3245	0.13	3245	0.11	3245	0.09	3245	0.08	3245	0.07	3245	0.06
24.00	0.00	0.32	3317	0.24	3161	0.16	3163	0.13	3163	0.10	3163	0.09	3163	0.08	3163	0.07	3163	0.06
30.00	0.00	0.30	3058	0.22	2946	0.15	2946	0.12	2947	0.10	2947	0.08	2947	0.07	2947	0.06	2947	0.06
40.00	0.00	0.27	2732	0.21	2668	0.13	2668	0.11	2668	0.09	2668	0.08	2668	0.07	2668	0.06	2668	0.05
44.00	0.00	0.27	2630	0.20	2578	0.13	2578	0.11	2578	0.09	2578	0.08	2578	0.06	2578	0.06	2578	0.05
110	0.00	0.21	1837	0.16	1841	0.10	1841	0.09	1841	0.07	1841	0.06	1841	0.05	1841	0.05	1841	0.04
150	65	0.19	1642	0.14	1647	0.09	1650	0.08	1650	0.06	1650	0.05	1650	0.05	1650	0.04	1650	0.04
220	138	0.18	1434	0.13	1437	0.09	1439	0.07	1439	0.06	1439	0.05	1439	0.04	1439	0.04	1439	0.03
885	44	0.12	831	0.09	831	0.06	831	0.05	831	0.04	831	0.03	831	0.03	831	0.03	831	0.02
1700	24	0.10	612	0.07	612	0.05	612	0.04	612	0.03	612	0.03	612	0.02	612	0.02	612	0.02
2200	20	0.09	536	0.07	536	0.04	536	0.04	536	0.03	536	0.03	536	0.02	536	0.02	536	0.02
3600	11	0.07	406	0.06	406	0.04	406	0.03	406	0.02	406	0.02	406	0.02	406	0.02	406	0.01
9000	2	0.06	217	0.04	217	0.03	217	0.02	217	0.02	217	0.02	217	0.01	217	0.01	217	0.01
36000	0.00	0.03	56	0.02	56	0.02	56	0.01	56	0.01	56	0.01	56	0.01	56	0.01	56	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MAX+</sub>	M <sub>MAX-</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.95	1.04
0.8	0.90	1.02

Para k: 0.5 - 110 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

111-3600 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos de diseño máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**56m - E0.5m - SV**  
(Tonf-m)

Figura 5.38. Obtención de coeficientes  $\delta$  en función del número de columnas y del módulo de subrasante del suelo **ks** para zapatas corridas.

Los coeficientes  $\delta$  encontrados son:

$$\delta^+ = 1650$$

$$\delta^- = 0.08$$

**PASO 5. Aplicación de fórmula para encontrar momentos máximos.** Como ya se han hallado los datos necesarios para utilizar la Ec. 5.2, se procede a su evaluación y se obtienen los momentos máximos positivo y negativo con los cuales se diseñará la zapata corrida sin contratraves.

$$M_u^+ = \frac{460 \text{ Ton}}{1000\text{Ton}} \cdot 0.1 \text{ Tonf} - m \cdot 1650 \qquad M_u^+ = 72.90 \text{ Tonf} - m$$

$$M_u^- = \frac{460 \text{ Ton}}{1000\text{Ton}} \cdot -3500 \text{ Tonf} - m \cdot 0.08 \qquad M_u^- = -128.8 \text{ Tonf} - m$$

**PASO 6. Aplicación de factores de ancho de dado.** La zapata corrida que se está analizando tiene un ancho de dados de 0.60m y los datos obtenidos en el paso 5 son los momentos de diseño para dados de ancho igual a 0.40m, por ello, se utilizan los factores ubicados en la parte inferior izquierda de la tabla (ver Figura 5.39) para obtener los momentos acorde al ancho real de dados.

DADOS (m)	FACTOR	
	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$
0.4	1.00	1.00
0.6	0.95	1.04
0.8	0.90	1.02

Figura 5.39. Factores de ancho de dado ubicados en la parte inferior izquierda de las tablas de coeficientes  $\delta$ .

Los cálculos necesarios para afectar los momentos en función del ancho real de los dados se muestran a continuación:

$$M_u^+ \cdot 0.95 = (75.9 \text{ Tonf} - m)(0.95)$$

$$M_u^+ = 72.105 \text{ Tonf} - m$$

$$M_u^- \cdot 1.04 = (-128.80 \text{ Tonf} - m)(1.04)$$

$$M_u^- = -133.952 \text{ Tonf} - m$$

**PASO 7. Generación del diagrama de momentos máximos.** Al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$  se obtienen los momentos máximos positivo, máximo negativo, así como valor aproximado del resto de los momentos negativos. En la tabla **S6m–E0.5m – SV**, se indica que el valor del resto de los momentos negativos es igual al 20% del valor máximo negativo, es decir:

$$M_{INT}^- = -133.952 \text{ Tonf} - m \cdot 0.20$$

$$M_{INT}^- = 26.79 \text{ Tonf} - m$$

Y con ello, se genera el diagrama de momentos que muestra la Figura 5.40.

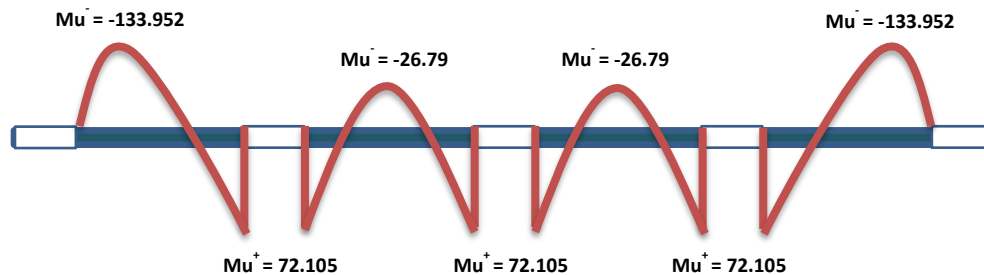


Figura 5.40. Diagrama de momentos máximos generado al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$ , en Tonf-m. (Elaboración propia)

Una vez obtenido el diagrama de momentos máximos de la zapata corrida del presente ejemplo podemos comparar éste con el diagrama de momentos que genera el software SAFE2016.

El modelo generado en SAFE2016 es una zapata que tiene una longitud total de 24.00m, un ancho de 1.00m, dados cuadrados de 0.60m de lado y un módulo de subrasante **ks** de 150 kg/cm<sup>3</sup>.

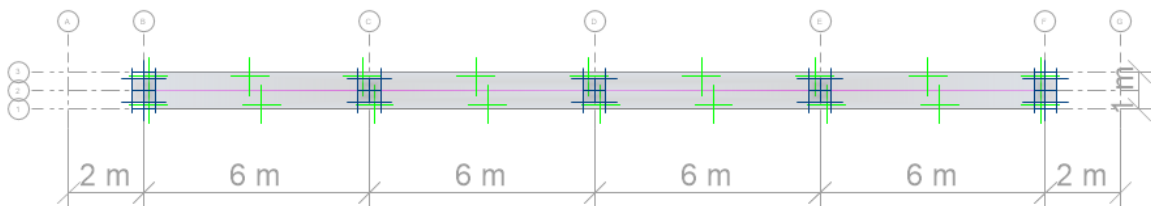


Figura 5.41. Planta generada en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos.

En la Figura 5.42, puede observarse que se colocaron las cargas últimas reales sobre cada columna, cabe destacar que sólo se consideraron estas cargas para el análisis, puesto que, el peso propio de la cimentación y el peso del suelo localizado sobre ésta se despreciaron en el modelo.

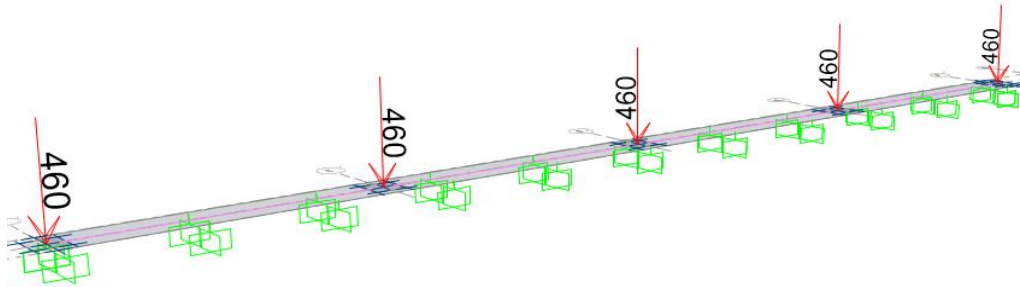


Figura 5.42. Modelo de zapata corrida generado en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos máximos, unidades en Tonf.

Una vez generado el modelo se procede a correr el programa para calcular los valores de momentos últimos y el software arroja el esquema de la Figura 5.43 donde se muestran los valores máximos de momentos obtenidos de acuerdo a la base matemática del elemento finito.

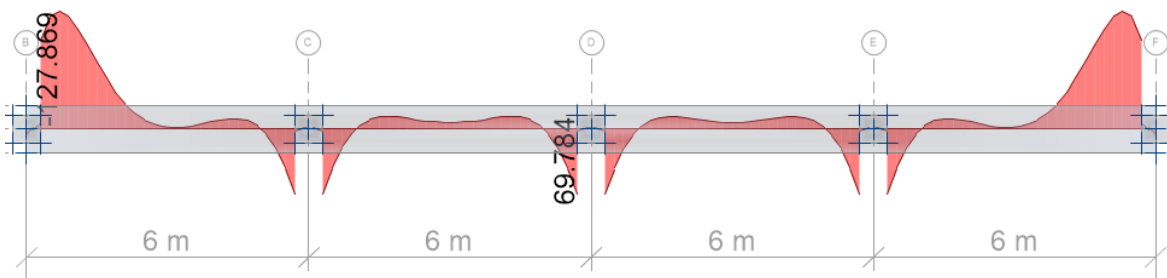


Figura 5.43. Diagrama de momentos máximos generado en SAFE2016, unidades en Tonf-m.

Finalmente, comparando los resultados obtenidos entre los dos procedimientos expuestos se llega a los resultados mostrados en la Figura 5.44 y la Tabla 5.10. En este caso se anexa el valor del momento negativo en claros interiores debido a que las tablas de coeficientes  $\delta$  indican que equivalen al 20% del valor del momento máximo negativo.

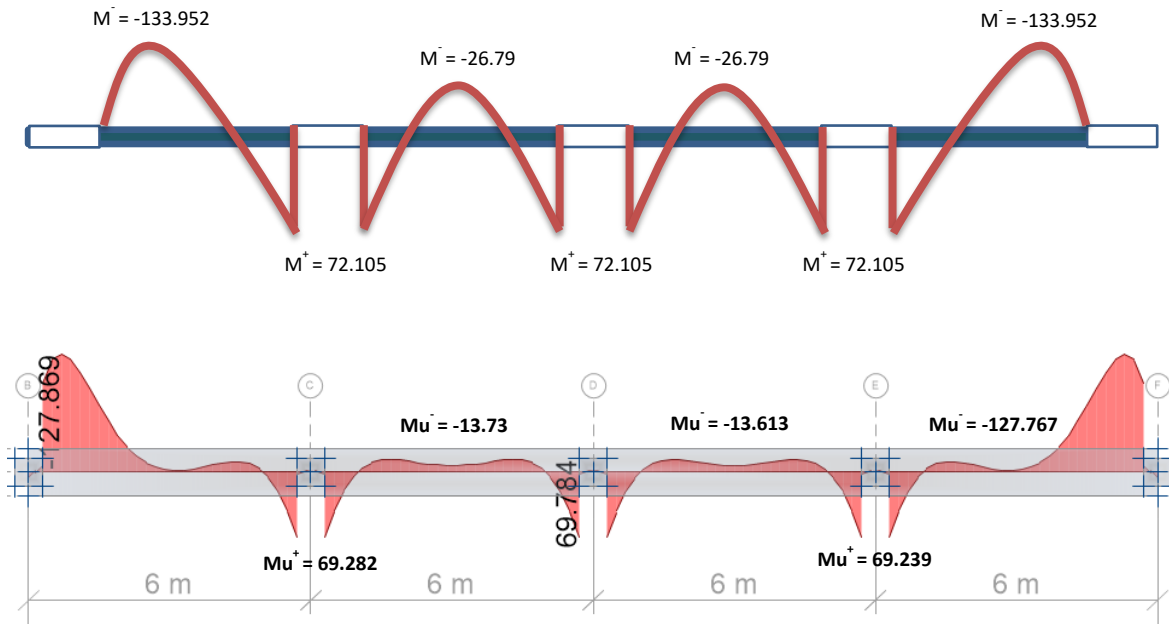


Figura 5.44. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el método de los coeficientes  $\delta$  (arriba) y el software SAFE2016 (abajo). Unidades en Tonf-m.

Tabla 5.10. Comparación de resultados obtenidos entre los métodos de las tablas de coeficientes  $\delta$  y el software SAFE2016 (en Tonf-m).

MOMENTOS	MÉTODOS		ERROR
	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	
Tonf – m	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	%
$Mu_{MÁX+}$	69.784	72.105	3.33
$Mu_{MÁX-}$	-127.869	-133.952	4.76

Puede observarse que los porcentajes de error son bajos, además de que los diagramas de momentos son similares. El método de los coeficientes  $\delta$  resulta efectivo y práctico.

**EJEMPLO GUÍA 5. Cargas Desiguales, 6 Columnas, Sin volados.**

Se desea obtener el diagrama de momentos máximos para una zapata corrida, que no cuenta con contratrabes, y que será construida para un condominio de departamentos apoyado en un suelo cuyo módulo de subrasante es  $k_s=12\text{kg/cm}^3$ . El diseño de la zapata corrida, junto con las cargas últimas soportadas, se muestra en la Figura 5.28 y el procedimiento para la obtención del diagrama de momentos máximos de la misma se desglosa a continuación en una serie de pasos.

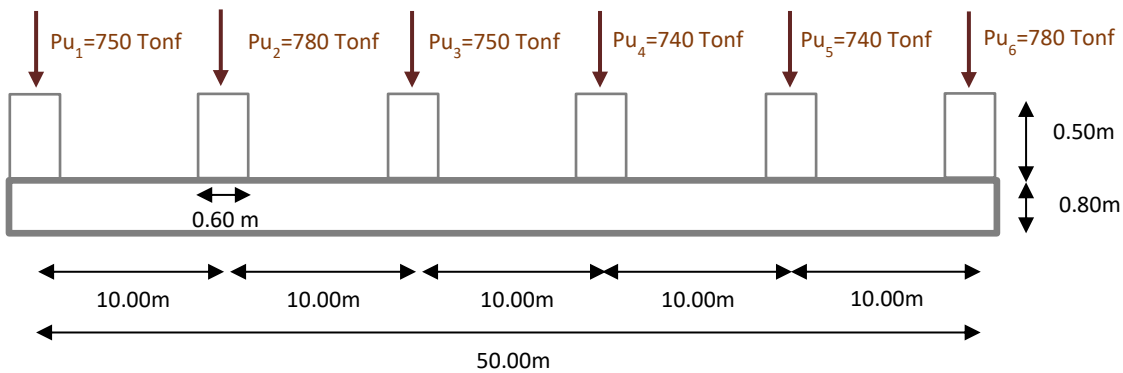


Figura 5.45. Esquema de zapata corrida, sin contratrabes, a analizar para el ejemplo 5.

**PASO 1. Determinación de la carga puntual máxima.** Las cargas puntuales calculadas no deben variar en más del 10% entre ellas para que sea viable la utilización de las tablas de coeficientes  $\delta$ . Con respecto a la carga mayor  $P_6$ , la relación entre las cargas queda como muestra la figura siguiente:

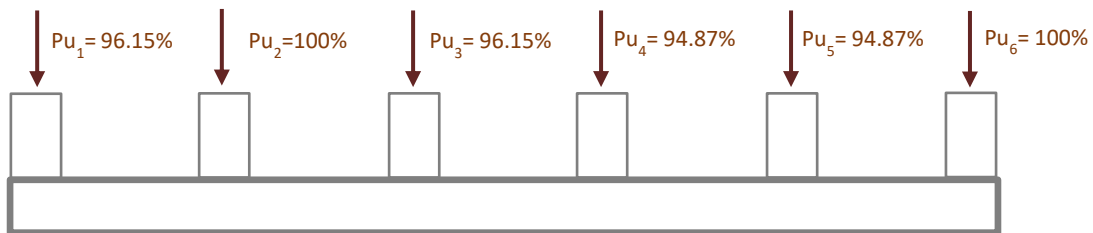


Figura 5.46. Esquema de variación en porcentaje de las cargas últimas aplicadas sobre la zapata corrida en estudio.

Para poder utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$  es necesario determinar un valor máximo de carga última  $P_u$  para las columnas, y puesto que se ha comprobado que la variación entre las cargas aplicadas en cada una de las columnas no varía en más del 10% (ver Figura 5.46), se considera que la carga máxima es igual para todas las columnas y de valor igual a:

$$P_u = 780 \text{ Tonf}$$

*PASO 2. Elección de tabla de coeficiente  $\delta$  para momentos máximos a emplear.* Las tablas generadas se clasifican en función de la separación entre columnas y el espesor de la losa de la zapata corrida. Para el presente ejemplo se tiene que la separación entre columnas es de 10.00m, el espesor de la losa es de 0.80m y la zapata corrida no cuenta con volados en sus extremos, por lo tanto, es necesario emplear la tabla **S10m – E0.8m – SV**.

*PASO 3. Obtención de momentos máximos de viga  $M_{ko}$ .* Una vez elegida la tabla adecuada para la zapata corrida en estudio se procede a encontrar los momentos máximos de viga, tanto positivo como negativo, en función del número de columnas que soporta la cimentación. Estos datos se localizan en la parte superior de la tabla, tal como se muestra en la Figura 5.47.

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 10.00m																		
Espesor de losa de 0.80m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	$M_{ko}$ (Tonf-m)																	
	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$	$M_{MÁX+}$	$M_{MÁX-}$
	0.1	-2350	0.1	-3183	0.1	-4850	0.1	-5850	0.1	-7350	0.1	-8421	0.1	-9850	0.1	-10961	0.1	-12350

Figura 5.47. Ubicación de momentos de referencia, tanto positivos como negativos, dentro de las tablas de coeficientes  $\delta$ .

Observando la tabla **S10m – E0.8m – SV** se obtienen los siguientes momentos de referencia:

$$M_{k0}^+ = 0.1 \text{ Tonf} - m$$

$$M_{k0}^- = -7350 \text{ Tonf} - m$$

**PASO 4. Obtención de coeficientes δ en función del módulo de subrasante del suelo.** Para encontrar los coeficientes δ se busca en la primera columna de la tabla el valor del módulo de subrasante **ks** que nos interesa, el cual es de 12 kg/cm<sup>3</sup> para el ejemplo 5, y el número de columnas que soporta la zapata corrida sin contratraves (ver Figura 5.48).

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 10.00m																		
Espesor de losa de 0.80m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>MÁX+</sub>		M <sub>MÁX-</sub>		M <sub>MÁX+</sub>		M <sub>MÁX-</sub>		M <sub>MÁX+</sub>		M <sub>MÁX-</sub>		M <sub>MÁX+</sub>		M <sub>MÁX-</sub>		M <sub>MÁX+</sub>	
	0.1	-2350	0.1	-3183	0.1	-4850	0.1	-5850	0.1	-7350	0.1	-8421	0.1	-9850	0.1	-10961	0.1	-12350
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.06	0.00	1.09	0.00	1.06	0.00	1.06	0.00	1.05	0.00	1.05	0.00	1.04	0.00	1.05	0.00	1.04
0.10	0.00	1.04	0.00	0.82	0.00	0.47	5289	0.38	7055	0.31	8947	0.27	8437	0.23	8121	0.21	8109	0.18
0.50	0.00	0.95	686	0.55	4802	0.35	8448	0.30	7882	0.24	7808	0.21	7827	0.18	7826	0.16	7826	0.14
0.65	0.00	0.92	2274	0.52	5484	0.34	8255	0.28	7718	0.22	7711	0.19	7721	0.17	7720	0.15	7720	0.13
1.20	0.00	0.82	5182	0.44	6518	0.30	7539	0.25	7269	0.20	7292	0.17	7291	0.15	7291	0.13	7291	0.12
1.30	0.00	0.80	5465	0.44	6602	0.29	7441	0.24	7208	0.19	7228	0.17	7227	0.14	7227	0.13	7227	0.11
1.50	0.00	0.77	5912	0.42	6726	0.28	7269	0.23	7097	0.19	7114	0.16	7113	0.14	7113	0.12	7113	0.11
3.60	0.00	0.54	7088	0.34	6802	0.22	6812	0.19	6812	0.15	6812	0.13	6812	0.11	6812	0.10	6812	0.09
4.00	0.00	0.51	7087	0.33	6754	0.22	6771	0.18	6770	0.14	6770	0.13	6770	0.11	6770	0.10	6770	0.09
8.00	0.00	0.37	6506	0.27	6088	0.18	6099	0.15	6099	0.12	6099	0.10	6099	0.09	6099	0.08	6099	0.07
10.00	0.00	0.34	6129	0.26	5782	0.17	5789	0.14	5789	0.11	5789	0.10	5789	0.08	5789	0.07	5789	0.07
12.00	0.00	0.32	5790	0.24	5506	0.16	5509	0.13	5509	0.10	5509	0.09	5509	0.08	5509	0.07	5509	0.06
15.00	0.00	0.30	5357	0.23	5150	0.15	5150	0.12	5150	0.10	5150	0.09	5150	0.07	5150	0.07	5150	0.06
20.00	0.00	0.28	4807	0.21	4684	0.14	4683	0.11	4683	0.09	4683	0.08	4683	0.07	4683	0.06	4683	0.05
21.00	0.00	0.27	4717	0.21	4606	0.14	4605	0.11	4605	0.09	4605	0.08	4605	0.07	4605	0.06	4605	0.05
22.00	0.00	0.27	4633	0.20	4532	0.13	4532	0.11	4532	0.09	4532	0.08	4532	0.07	4532	0.06	4532	0.05
24.00	0.00	0.27	4478	0.20	4396	0.13	4396	0.11	4396	0.09	4396	0.08	4396	0.06	4396	0.06	4396	0.05
30.00	0.00	0.25	4104	0.19	4061	0.12	4061	0.10	4061	0.08	4061	0.07	4061	0.06	4061	0.05	4061	0.05
40.00	0.00	0.23	3675	0.17	3665	0.11	3664	0.09	3664	0.08	3664	0.07	3664	0.06	3664	0.05	3664	0.04
44.00	0.00	0.23	3547	0.17	3543	0.11	3543	0.09	3543	0.07	3543	0.06	3543	0.05	3543	0.05	3543	0.04
110	228	0.18	2580	0.13	2586	0.09	2590	0.07	2590	0.06	2590	0.05	2590	0.04	2590	0.04	2590	0.03
150	245	0.17	2321	0.12	2324	0.08	2326	0.07	2326	0.05	2326	0.05	2326	0.04	2326	0.04	2326	0.03
220	199	0.15	2026	0.11	2028	0.07	2028	0.06	2028	0.05	2028	0.04	2028	0.04	2028	0.03	2028	0.03
885	46	0.10	1148	0.08	1148	0.05	1148	0.04	1148	0.03	1148	0.03	1148	0.02	1148	0.02	1148	0.02
1700	26	0.09	829	0.06	829	0.04	829	0.03	829	0.03	829	0.02	829	0.02	829	0.02	829	0.02
2200	19	0.08	719	0.06	719	0.04	719	0.03	719	0.03	719	0.02	719	0.02	719	0.02	719	0.02
3600	10	0.07	532	0.05	532	0.03	532	0.03	532	0.02	532	0.02	532	0.02	532	0.01	532	0.01
9000	1	0.05	267	0.04	267	0.03	267	0.02	267	0.02	267	0.01	267	0.01	267	0.01	267	0.01
36000	0.00	0.03	58	0.02	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.97	1.00
1.0	0.94	1.00

Para k: 0.5-29 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

30-1700 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos de diseño máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E0.8m - SV**  
 (Tonf-m)

Figura 5.48. Obtención de coeficientes δ en función del número de columnas y del módulo de subrasante del suelo ks para zapatas corridas.

Los coeficientes  $\delta$  encontrados son:

$$\delta^+ = 5509$$

$$\delta^- = 0.10$$

*PASO 5. Aplicación de fórmula para encontrar momentos máximos.* Como ya se han hallado los datos necesarios para utilizar la Ec. 5.2, se procede a su evaluación y se obtienen los momentos máximos positivo y negativo con los cuales se diseñará la zapata corrida sin contratrabes.

$$M_u^+ = \frac{780 \text{ Ton}}{1000\text{Ton}} \cdot 0.1 \text{ Tonf} - m \cdot 5509 \quad M_u^+ = 429.702 \text{ Tonf} - m$$

$$M_u^- = \frac{780 \text{ Ton}}{1000\text{Ton}} \cdot -7350 \text{ Tonf} - m \cdot 0.10 \quad M_u^- = -573.3 \text{ Tonf} - m$$

*PASO 6. Aplicación de factores de ancho de dado.* Como el presente ejemplo tiene el menor ancho de dado analizado para generar las tablas de coeficientes  $\delta$ , el factor por el cual se deben multiplicar los momentos obtenidos es igual a 1. Por lo tanto, los momentos de diseño son los calculados en el paso 5.

*PASO 7. Generación del diagrama de momentos máximos.* Al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$  se obtienen los momentos máximos positivo, máximo negativo, así como valor aproximado del resto de los momentos negativos. En la tabla **S10m-E0.8m – SV**, se indica que el valor del resto de los momentos negativos es igual al 30% del valor máximo negativo, y con ello, se genera el diagrama de momentos que muestra la Figura 5.49.

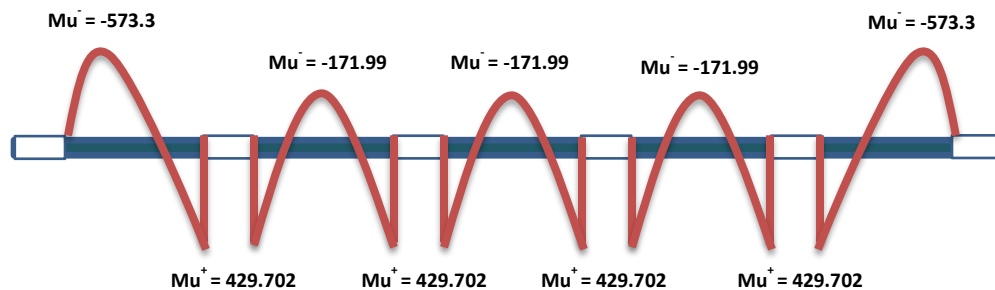


Figura 5.49. Diagrama de momentos máximos generado al utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$ , unidades en Tonf-m.

Una vez obtenido el diagrama de momentos máximos de la zapata corrida del presente ejemplo podemos comparar éste con el diagrama de momentos que genera el software SAFE2016. El modelo generado en SAFE2016 es una zapata que tiene una longitud total de 50.00m, un ancho de 1.00m, dados cuadrados de 0.60m de lado y un módulo de subrasante **ks** de 12 kg/cm<sup>3</sup>.

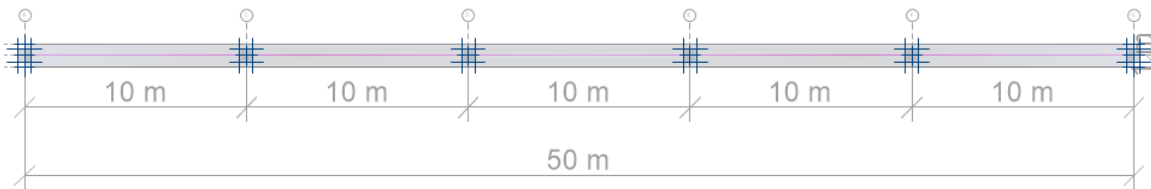


Figura 5.50. Planta generada en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos máximos.

En la Figura 5.33, puede observarse que se colocaron las cargas últimas reales sobre cada columna, cabe destacar que sólo se consideraron estas cargas para el análisis, puesto que, el peso propio de la cimentación y el peso del suelo localizado sobre ésta se despreciaron en el modelo.

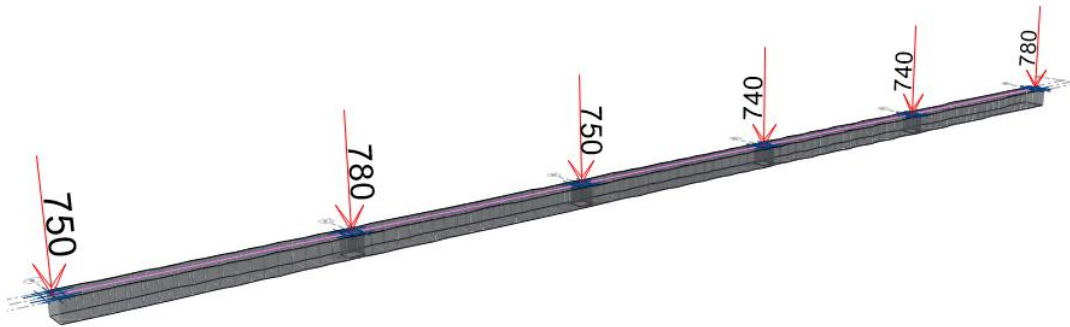


Figura 5.51. Esquema de zapata corrida en 3D generado en software SAFE2016 para obtener diagrama de momentos máximos, unidades en Tonf.

Una vez generado el modelo se procede a correr el programa para calcular los valores de momentos de diseño máximos y el software arroja el esquema de la Figura 5.52 donde se muestran los valores máximos de momentos obtenidos de acuerdo a la base matemática del elemento finito.

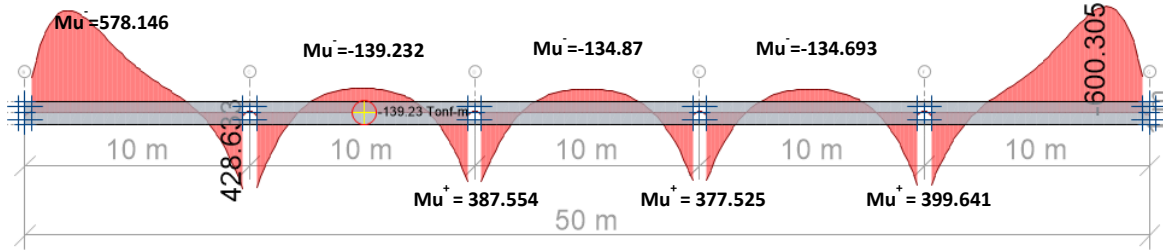


Figura 5.52. Diagrama de momentos últimos generado por el software SAFE2016 para el ejemplo tres, unidades en Tonf-m.

Finalmente, generando los diagramas de momentos obtenidos por los dos procedimientos previamente expuestos se llega a la comparación mostrada en la Figura 5.53 y la Tabla 5.11, en la cual se advierte de la diferencia existente entre ambos métodos. En este caso se anexa el valor del momento negativo en claros interiores debido a que las tablas de coeficientes  $\delta$  indican que equivalen al 30% del valor del momento máximo negativo.

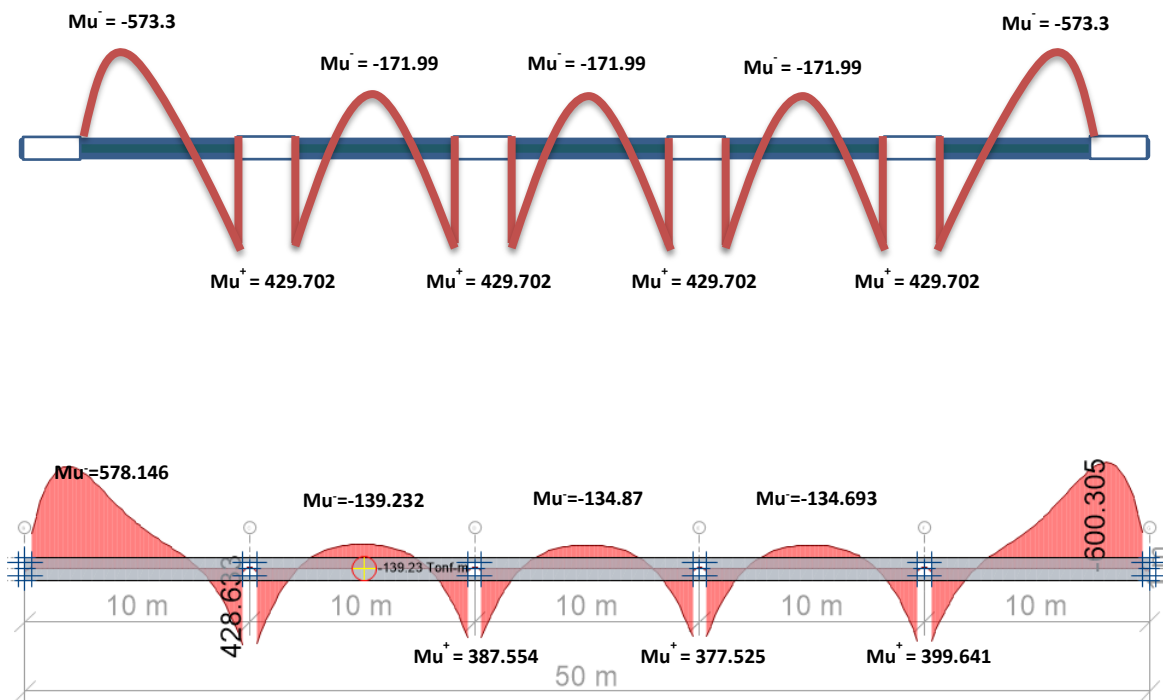


Figura 5.53. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el método de los coeficientes  $\delta$  (arriba) y el software SAFE2016 (abajo). Unidades en Tonf-m.

Tabla 5.11. Comparación de resultados obtenidos entre los métodos de las tablas de coeficientes  $\delta$  y el software SAFE2016 (en Tonf-m).

MOMENTOS	MÉTODOS		ERROR
Tonf – m/m	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	%
$Mu_{MÁX+}$	428.633	429.702	0.25
$Mu_{MÁX-}$	-600.305	-573.3	4.71

Puede observarse que los porcentajes de error son bajos, además de que los diagramas de momentos son similares. El método de los coeficientes  $\delta$  resulta efectivo y práctico.

#### EJEMPLO 6. Cargas Desiguales, Tres columnas.

Se desea obtener el diagrama de momentos máximos para una zapata corrida, que no cuenta con contratrabes, por medio de tres métodos:

- Viga bajo equilibrio de presiones usando SAP2000v.20.
- Tablas de coeficientes  $\delta$  de diseño.
- Software SAFE2016.

En los ejemplos guía de la presente tesis se ha desarrollado de forma detallada el procedimiento que debe seguirse para utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$ , por ello, en este ejemplo se presentarán de manera práctica los cálculos y resultados obtenidos. Así mismo, se mostrarán únicamente los resultados calculados con los softwares de análisis SAFE2016 y SAP2000v.20.

La zapata corrida soporta tres columnas que están espaciadas a 10.00m entre ejes, los dados tienen un ancho de 1.00m, el espesor de la losa es igual a 0.60m, tiene volados en los extremos de 3.00m y el módulo de subrasante es  $k_s = 0.00 \text{ kg/cm}^3$ . El diseño de la zapata corrida, junto con las cargas últimas soportadas, se muestra en la Figura 5.54.

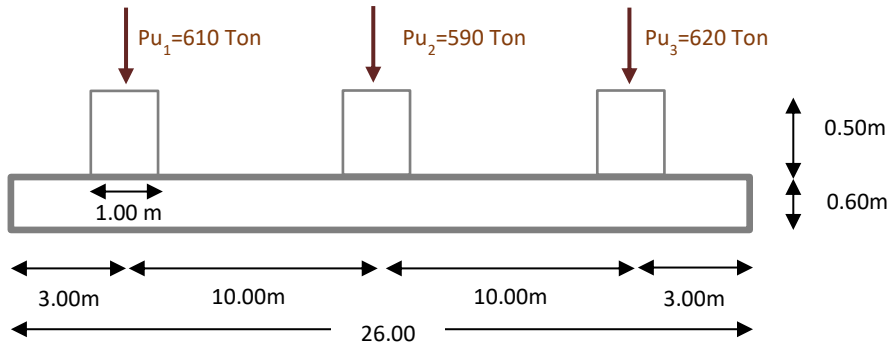


Figura 5.54. Esquema de zapata corrida, sin contratrabes, a analizar para el ejemplo 6.

### VIGA BAJO EQUILIBRIO DE PRESIONES

Una vez definida la zapata corrida y sus cargas últimas, se procede a calcular la carga transmitida al suelo y la presión del suelo sobre la cimentación (ver Figura 5.55). Se recuerda que no se coloca soporte alguno para la viga y que únicamente se considera la carga última máxima sobre las columnas para realizar el análisis.

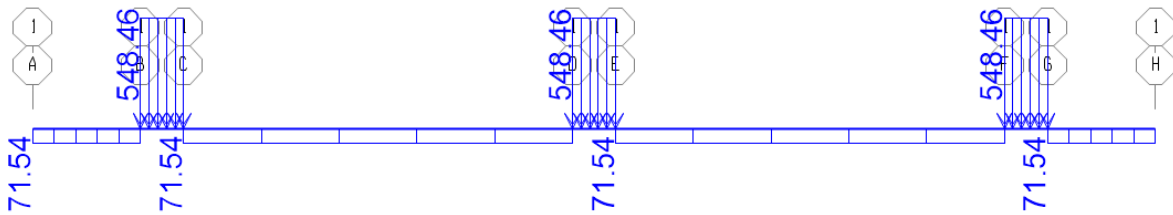


Figura 5.55. Cargas aplicadas sobre el modelo de viga generado en SAP2000.v20.

Se corre el modelo y se elabora el diagrama de momentos que se muestra a continuación:

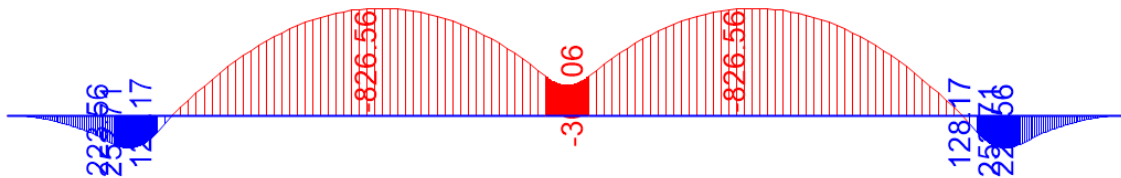


Figura 5.56. Diagrama de momentos últimos generado en el software SAP2000.v20.

En este procedimiento no se considera el módulo de subrasante del suelo, por lo tanto, la revisión se enfoca en la capacidad de carga del suelo.

### SOFTWARE SAFE2016

Se genera en el software SAFE2016 el modelo de zapata corrida tal cual lo plantea el ejemplo y se colocan los soportes de suelo que representan el módulo de subrasante deseado. El software calcula el siguiente diagrama de momentos máximos:

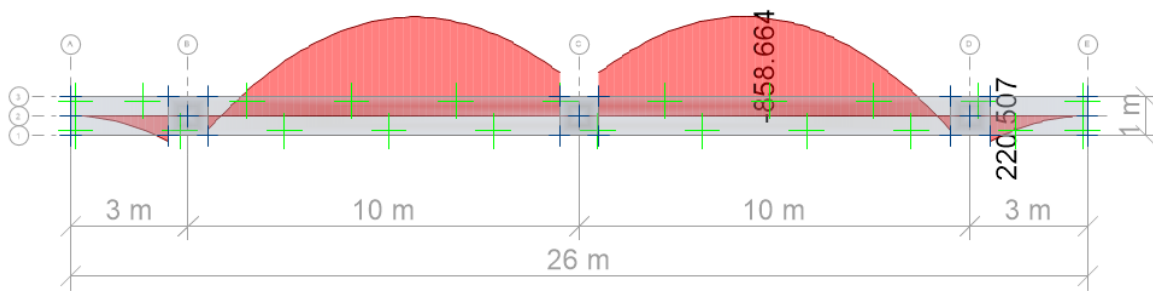


Figura 5.57. Diagrama de momentos máximos calculado con el software SAFE2016 para un  $k_s=0.00 \text{ kg/cm}^3$ , en Tonf-m.

### TABLAS DE COEFICIENTES $\delta$

Como primer paso es necesario verificar que las cargas puntuales de cada columna no varíen en más de un 10% entre ellas. Para la zapata corrida en estudio la mayor variación entre cargas es del 5% con respecto a la carga  $P_3$ , por lo tanto, es factible la utilización del método de los coeficientes  $\delta$ . Se define entonces que la carga máxima es:

$$P_u = 620 \text{ Tonf}$$

Lo siguiente a realizar es la elección de la tabla que utilizaremos para la obtención de los coeficientes  $\delta$ , y una vez analizadas las características geométricas de la zapata corrida, se elige la tabla:

**S10m – E0.6m – CV**

Es decir, tabla de coeficientes para zapatas corridas sin contratrabe que tengan: separación entre ejes de columnas a 10.00m, espesor de losa de 0.60m y cuente con volados en sus extremos.

Las fórmulas a utilizarse para el cálculo de los momentos máximos, positivo y negativo, son:

$$M_u^+ = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0}^+ \cdot \delta^+ \quad \text{Momento máximo positivo}$$

$$M_u^- = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0}^- \cdot \delta^- \quad \text{Momento máximo negativo}$$

Los momentos de viga  $M_{k0}$ , sacados de la tabla **S10m – E0.6m – CV**, para cualquier valor de módulo de subrasante son:

$$M_{k0}^+ = 421 \text{ Tonf} - m$$

$$M_{k0}^- = -1333 \text{ Tonf} - m$$

Ahora, sólo faltan los coeficientes de ajuste para calcular los momentos máximos del valor de módulo de subrasante solicitado en el ejemplo. Por cada valor de **ks** se obtendrán dos coeficientes  $\delta$ , mismos que se aplicarán en la ecuación general Ec. 5.2. El procedimiento para la utilización del método de los de coeficientes  $\delta$  es simple y reiterativo, por lo que, es posible presentarlo en tablas como la que se muestra a continuación.

Tabla 5.12. Datos y resultados obtenidos utilizando el método de los coeficientes  $\delta$ .

Carga máxima	Momentos viga	Módulo subrasante	Coeficientes	Momentos	Factor dado	Momentos diseño
$P_u$	$M_{k0}$	$ks$	$\delta$	$M$	1.00m	$M_u$
Tonf	Tonf-m/m	kg/cm <sup>3</sup>	-	Tonf-m/m	-	Tonf-m/m
620	421	0	1	261.020	0.93	242.749
	-1333		1	-826.460	1.00	-826.460

La última columna de la Tabla 5.12 muestra los resultados finales de momentos máximos, positivo y negativo, para el valor de módulo de subrasante que interesa, afectados por su correspondiente factor de ancho de dado. El diagrama obtenido a partir de los datos previamente calculados se muestra en la Figura 5.58.

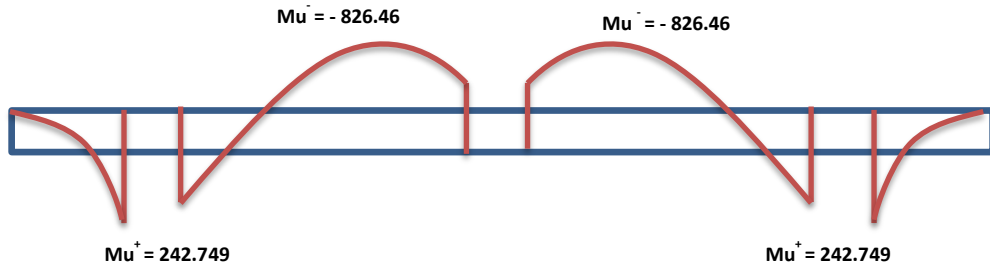
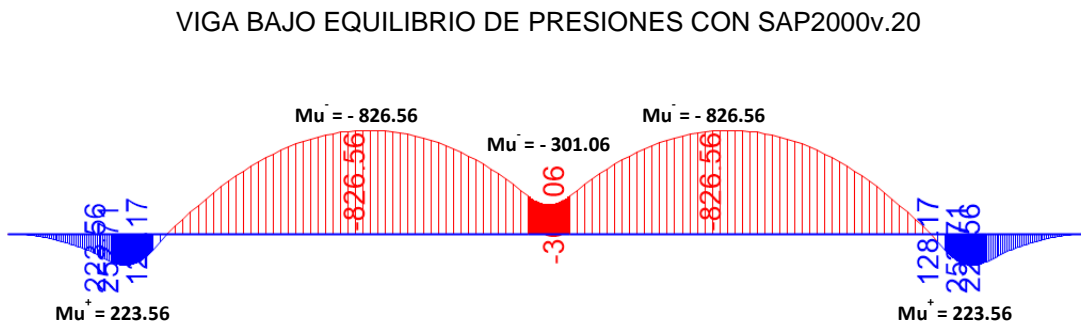


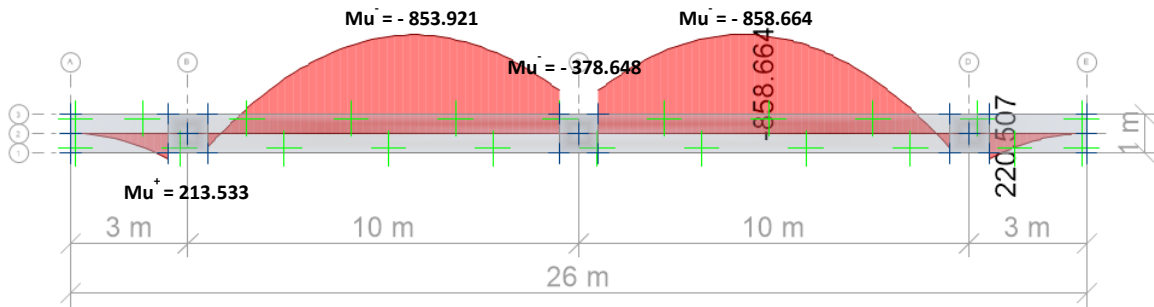
Figura 5.58. Diagrama de momentos máximos generado con el método de los coeficientes  $\delta$  (Elaboración propia).

### PORCENTAJE DE ERROR

Una vez obtenidos los diagramas de momentos máximos por los tres métodos solicitados, se procede al cálculo del porcentaje de error tomando como parámetro de valor exacto los datos arrojados por el software SAFE2016. La Figura 5.59 muestra la comparación entre los tres diagramas de momentos obtenidos por cada método de análisis.



SOFTWARE SAFE2016



MÉTODO DE LOS COEFICIENTES  $\delta$  DE DISEÑO

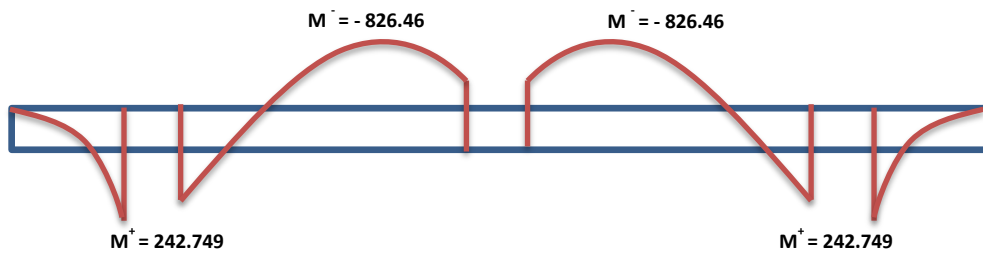


Figura 5.59. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el programa SAP2000v.20, el software SAFE2016 y método de los coeficientes  $\delta$  para un módulo de subrasante  $k_s = 0.00 \text{ kg/cm}^3$ . Unidades en Tonf-m.

Puede observarse que, los diagramas de momentos máximos son similares entre sí para un módulo de subrasante  $k_s = 0.00 \text{ kg/cm}^3$ . A continuación, la Tabla 5.13 indica el porcentaje de error calculado en función de los momentos máximos obtenidos por el software SAFE2016.

Tabla 5.13. Comparación de resultados obtenidos entre métodos de análisis para  $k_s = 0 \text{ kg/cm}^3$ .

MOMENTOS	MÉTODOS		ERROR
	SAFE 2016	SAP2000v.20	
Tonf – m/m			%
$Mu_{MÁX+}$	220.507	223.560	1.38
$Mu_{MÁX-}$	-858.664	-826.560	3.74

Continuación Tabla 5.13

MOMENTOS	MÉTODOS		ERROR
Tonf – m/m	SAFE 2016	Coeficientes $\delta$	%
$Mu_{MÁX+}$	220.507	242.749	10.09
$Mu_{MÁX-}$	-858.664	-826.46	3.75

El porcentaje de error, en función de los datos obtenidos con software SAFE2016, es bajo para el análisis con el software SAP2000v.20 al emplear un módulo de subrasante  $k_s = 0.00 \text{ kg/cm}^3$ . Asimismo, los momentos máximos calculados con el método de los coeficientes  $\delta$ , suponiendo cargas iguales, ofrece bajos porcentajes de error.

#### *EJEMPLO 7. Cargas Desiguales, Tres Columnas*

Se desea obtener el diagrama de momentos máximos para una zapata corrida, que no cuenta con contratrabes, por medio de tres métodos:

- Viga bajo equilibrio de presiones usando SAP2000v.20.
- Tablas de coeficientes  $\delta$  de diseño.
- Software SAFE2016.

En los ejemplos guía de la presente tesis se ha desarrollado de forma detallada el procedimiento que debe seguirse para utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$ , por ello, en este ejemplo se presentarán de manera práctica los cálculos y resultados obtenidos.

La zapata corrida soporta tres columnas que están espaciadas a 10.00m entre ejes, los dados tienen un ancho de 1.00m, el espesor de la losa es igual a 0.60m, la losa tiene volados de 3.00m en los extremos y el módulo de subrasante es  $k_s=1.30\text{kg/cm}^3$ . El diseño de la zapata corrida, junto con las cargas últimas soportadas, se muestra en la Figura 5.60.

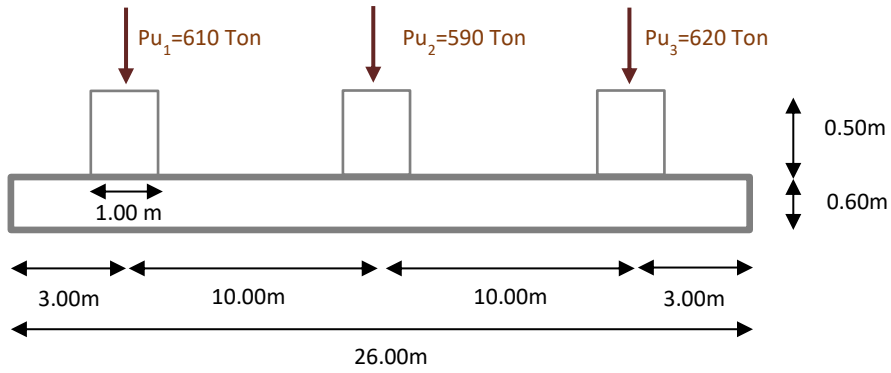


Figura 5.60. Esquema de zapata corrida, sin contratraves, a analizar para este ejemplo.

### VIGA BAJO EQUILIBRIO DE PRESIONES

Una vez definida la zapata corrida y sus cargas últimas, se procede a calcular la carga transmitida al suelo y la presión del suelo sobre la cimentación (ver Figura 5.61). Se recuerda que no se coloca soporte alguno para la viga y que únicamente se consideran las cargas últimas sobre las columnas para realizar el análisis.

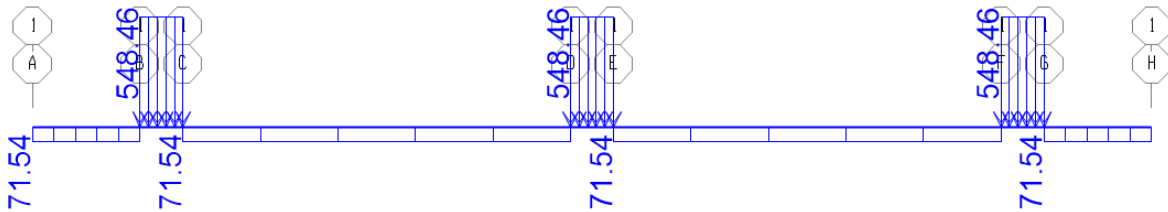


Figura 5.61. Cargas aplicadas sobre el modelo de viga generado en SAP2000.v20.

Se corre el modelo y se elabora el diagrama de momentos que se muestra a continuación:

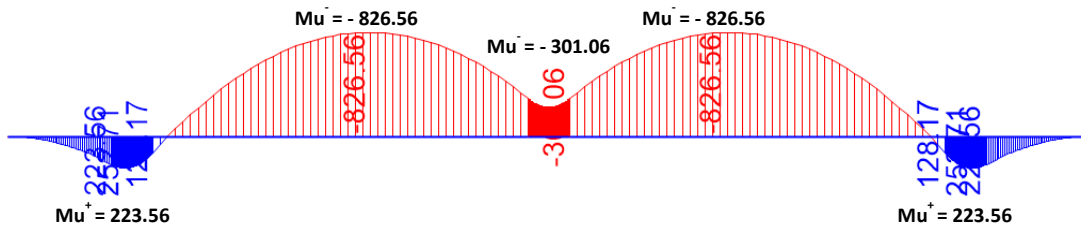


Figura 5.62. Diagrama de momentos obtenido con el software SAFE2016.

En este procedimiento no se considera el módulo de subrasante del suelo, por lo tanto, la revisión se enfoca en la presión admisible de la superficie.

### SOFTWARE SAFE2016

Se genera en el software SAFE2016 el modelo de zapata corrida tal cual lo plantea el ejemplo y se colocan los soportes de suelo que representan el módulo de subrasante deseado. El software calcula el siguiente diagrama de momentos máximos:

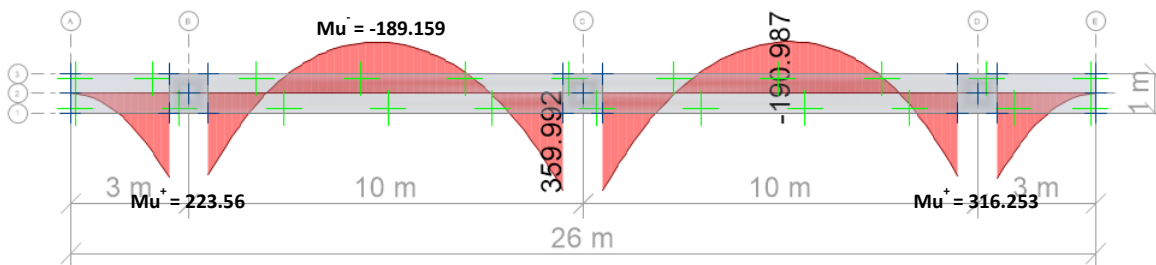


Figura 5.63. Diagrama de momentos calculado con el software SAFE2016 para un  $k_s=1.30\text{kg/cm}^3$ , en Tonf-m.

### TABLAS DE COEFICIENTES $\delta$

Como primer paso es necesario verificar que las cargas puntuales de cada columna no varíen en más de un 10% entre ellas. Para la zapata corrida en estudio la mayor variación entre cargas es del 5% con respecto a la carga  $P_3$ , por lo tanto, es factible la utilización del método de los coeficientes  $\delta$ . Se define entonces que la carga máxima de diseño es:

$$P_u = 620 \text{ Tonf}$$

Lo siguiente a realizar es la elección de la tabla que utilizaremos para la obtención de los coeficientes  $\delta$ , y una vez analizadas las características geométricas de la zapata corrida, se elige la tabla:

**S10m – E0.6m – CV**

Es decir, tabla de coeficientes para zapatas corridas sin contratrabe que tengan: separación entre ejes de columnas a 10.00m, espesor de losa de 0.60m y cuente con volados en sus extremos.

Las fórmulas a utilizarse para el cálculo de los momentos de diseño máximos, positivo y negativo, son:

$$M_u^+ = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0}^+ \cdot \delta^+ \quad \text{Momento máximo positivo}$$

$$M_u^- = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0}^- \cdot \delta^- \quad \text{Momento máximo negativo}$$

Los momentos de viga  $M_{k0}$ , sacados de la tabla **S10m – E0.6m – CV**, para cualquier valor de módulo de subrasante son:

$$M_{k0}^+ = 421 \text{ Tonf} - m$$

$$M_{k0}^- = -1333 \text{ Tonf} - m$$

Ahora, sólo faltan los coeficientes de ajuste para calcular los momentos máximos del valor de módulo de subrasante solicitado en este ejemplo. Por cada valor de **ks** se obtendrán dos coeficientes  $\delta$ , mismos que se aplicarán en la ecuación general Ec. 5.2. El procedimiento para la utilización del método de los coeficientes  $\delta$  es simple y reiterativo, por lo que, es posible presentarlo en tablas como la que se muestra a continuación.

Tabla 5.14. Datos y resultados obtenidos utilizando el método de los coeficientes  $\delta$ .

Carga máxima	Momentos viga	Módulo subrasante	Coeficientes	Momentos	Factor dado	Momentos diseño
$P_u$	$M_{k0}$	$k_s$	$\delta$	$M$	1.00m	$M_u$
Tonf	Tonf-m/m	kg/cm <sup>3</sup>	-	Tonf-m/m	-	Tonf-m/m
620	421	1.30	1.62	422.852	0.93	393.253
	-1333		0.25	-206.615	1.00	-206.615

La última columna de la Tabla 5.14 muestra los resultados finales de momentos de diseño máximos, positivo y negativo, para el valor de módulo de subrasante que interesa, afectados por su correspondiente factor de ancho de dado. El diagrama obtenido a partir de los datos previamente calculados se muestra en la Figura 5.64.

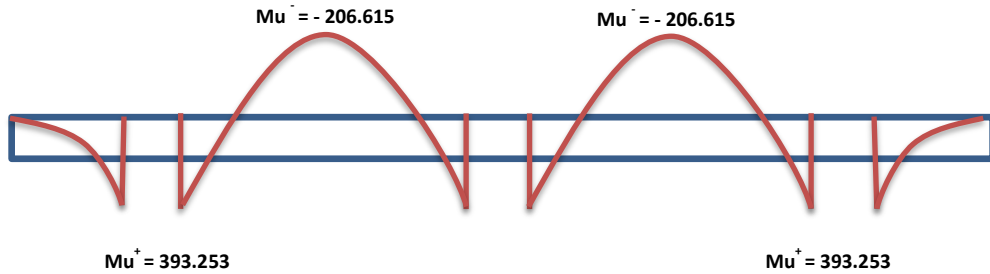
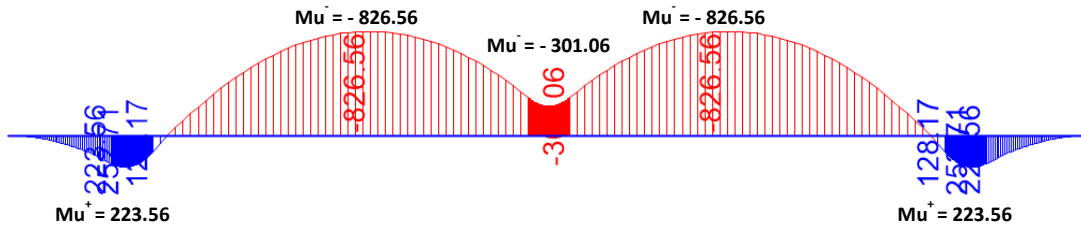


Figura 5.64. Diagrama de momentos máximos generado con el método de los coeficientes  $\delta$  (Elaboración propia).

### PORCENTAJE DE ERROR

Una vez obtenidos los diagramas de momentos máximos por los tres métodos solicitados, se procede al cálculo del porcentaje de error tomando como parámetro de valor exacto los datos arrojados por el software SAFE2016. La Figura 5.65 muestra la comparación entre los tres diagramas de momentos obtenidos por cada método de análisis.

### VIGA BAJO EQUILIBRIO DE PRESIONES CON SAP2000v.20



## SOFTWARE SAFE2016

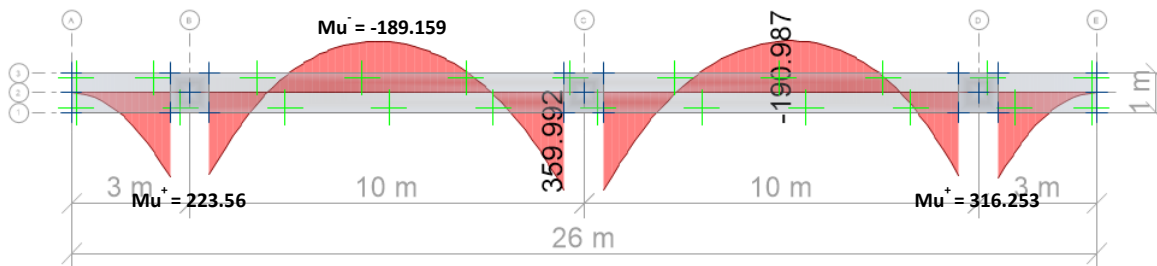
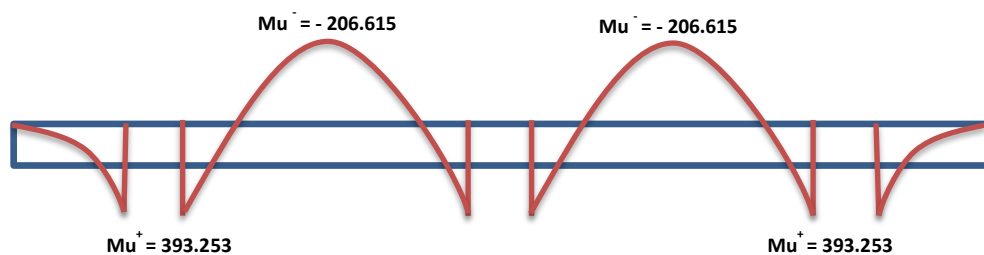
MÉTODO DE LOS COEFICIENTES  $\delta$ 

Figura 5.65. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el programa SAP2000v.20, el software SAFE2016 y método de los coeficientes  $\delta$  para un módulo de subrasante  $k_s = 1.30 \text{ kg/cm}^3$ . Unidades en Tonf-m.

Puede observarse que, los diagramas de momentos máximos del software SAFE2016 y del método de los coeficientes  $\delta$  son similares, mientras que, el obtenido con SAP2000v.20 dista de los valores calculados considerando el módulo de subrasante. A continuación, la Tabla 5.15 indica el porcentaje de error calculado en función de los momentos máximos obtenidos por el software SAFE2016.

Tabla 5.15. Comparación de resultados obtenidos entre los métodos de análisis para un  $k_s=1.30\text{kg/cm}^3$ .

MOMENTOS	MÉTODOS		ERROR
Tonf – m/m	SAFE 2016	SAP2000v.20	%
$Mu_{MÁX+}$	359.992	223.56	37.90
$Mu_{MÁX-}$	-190.987	- 826.56	332.78
MOMENTOS	MÉTODOS		ERROR
Tonf – m/m	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	%
$Mu_{MÁX+}$	359.992	393.253	9.24
$Mu_{MÁX-}$	-190.987	-206.615	8.18

El porcentaje de error, en función de los datos obtenidos por el software SAFE2016, es bajo para el método de los coeficientes  $\delta$ , por su parte, el porcentaje es considerable cuando se usa el método de viga bajo equilibrio de presiones. Se concluye que, cuando se analiza la zapata corrida como una viga bajo equilibrio de presiones, el valor del módulo de subrasante se supone igual a cero. Lo anterior se observa en el ejemplo 6, donde se analiza la misma zapata que en este ejemplo, pero con un módulo  $k_s = 0.00 \text{ kg/cm}^3$ .

#### EJEMPLO 8. Variación Módulo Subrasante.

En los ejemplos guía de la presente tesis se ha desarrollado de forma detallada el procedimiento que debe seguirse para utilizar las tablas de coeficientes  $\delta$ , por ello en este ejemplo se presentarán de manera práctica los cálculos y resultados obtenidos.

Se desean obtener los diagramas de momentos máximos para una zapata corrida, que no cuenta con contratrabes, usando los siguientes módulos de subrasante:

- $k_s = 0.65 \text{ kg/cm}^3$
- $k_s = 24 \text{ kg/cm}^3$
- $k_s = 44 \text{ kg/cm}^3$

La zapata corrida tiene volados a los extremos de 2.5m, soporta cuatro columnas que están espaciadas a 8.00m entre ejes, los dados tienen un ancho de 0.60m y el espesor de la losa es igual a 0.50m.

El diseño de la zapata corrida, junto con las cargas últimas soportadas, se muestra en la Figura 5.66.

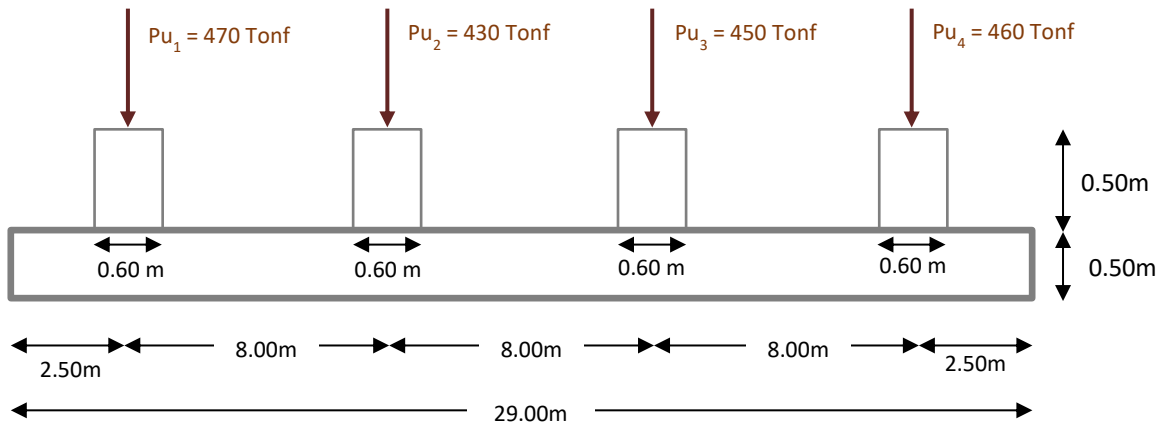


Figura 5.66. Esquema de zapata corrida, sin contratrabes, a analizar para el ejemplo 8.

Como primer paso es necesario verificar que las cargas puntuales de cada columna no varíen en más de un 10% entre ellas. Para la zapata corrida en estudio la mayor variación entre cargas es del 8.50% con respecto a la carga  $P_1$ , por lo tanto, es factible la utilización del método de los coeficientes  $\delta$ . Se define entonces que la carga última es:

$$P_u = 470 \text{ Tonf}$$

Lo siguiente a realizar es la elección de la tabla que utilizaremos para la obtención de los coeficientes  $\delta$ , y una vez analizadas las características geométricas de la zapata corrida, se elige la tabla:

**S8m – E0.5m – CV**

Es decir, tabla de coeficientes para zapatas corridas sin contratrabe que tengan: separación entre ejes de columnas a 8.00m, espesor de losa de 0.50m y cuente con volados en sus extremos de 2.50m.

Las fórmulas a utilizarse para el cálculo de los momentos de diseño máximos, positivo y negativo, son:

$$M_u^+ = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0}^+ \cdot \delta^+ \quad \text{Momento máximo positivo}$$

$$M_u^- = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0}^- \cdot \delta^- \quad \text{Momento máximo negativo}$$

Los momentos de viga  $M_{k0}$ , sacados de la tabla **S8m – E0.5m – CV**, para cualquier valor de módulo de subrasante son:

$$M_{k0}^+ = 334 \text{ Tonf} - m$$

$$M_{k0}^- = -1500 \text{ Tonf} - m$$

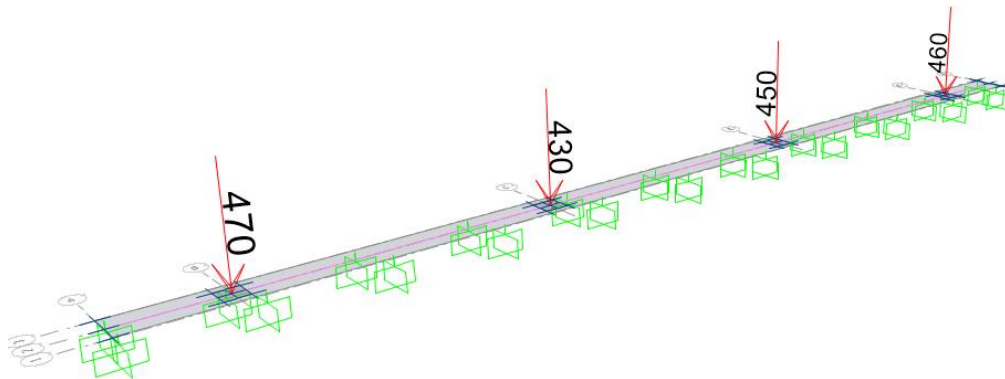
Ahora, sólo faltan los coeficientes de ajuste para calcular los momentos de diseño máximo de cada valor de módulo de subrasante solicitado en este ejemplo. Para cada valor de **ks** se obtendrán dos coeficientes  $\delta$ , mismos que se aplicarán en la ecuación general Ec. 5.2. El procedimiento para la utilización del método de los coeficientes  $\delta$  es simple y reiterativo, por lo que, es posible presentarlo en tablas como la que se muestra a continuación.

Tabla 5.16. *Datos y resultados obtenidos utilizando el método de los coeficientes  $\delta$ .*

Carga máxima	Momentos viga	Módulo subrasante	Coeficientes	Momentos	Factor dado	Momentos diseño
$P_u$	$M_{k0}$	$k_s$	$\delta$	$M$	0.6m	$M_u$
Tonf	Tonf-m/m	kg/cm <sup>3</sup>	-	Tonf-m/m	-	Tonf-m/m
470	334	0.65	1.68	263.726	1.00	263.726
	-1500		0.23	-162.150	1.00	-162.150
	334	24	0.88	138.142	1.00	138.142
	-1500		0.04	-28.200	1.00	-28.200
	334	44	0.72	113.026	1.00	113.026
	-1500		0.03	-21.150	1.00	-21.150

La última columna de la Tabla 5.16 nos muestra los resultados finales de momentos de diseño máximos, positivo y negativo, para los tres valores de módulo de subrasante que nos interesa, afectados por su correspondiente factor de ancho de dado.

Ahora bien, para conocer el porcentaje de error que se tiene al usar las tablas de coeficientes  $\delta$ , es necesario comparar los resultados de la Tabla 5.16 contra los calculados con el software SAFE2016. Cabe mencionar, que en el software SAFE2016 se introducen las características del elemento tal cual se plantea en el ejemplo, así que las cargas colocadas en el modelo no se suponen iguales como en el método de los coeficientes  $\delta$ .



*Figura 5.67.* Vista 3D del modelo creado en el software SAFE2016 donde se observan las cargas últimas aplicadas sobre los dados de la zapata corrida sin contratraves, en Tonf.

Los diagramas de momentos máximo obtenidos por ambos métodos se comparan a continuación para cada uno de los módulos de subrasante solicitados.

Momentos máximos obtenidos para  $k_s = 0.65 \text{ kg/cm}^3$ :

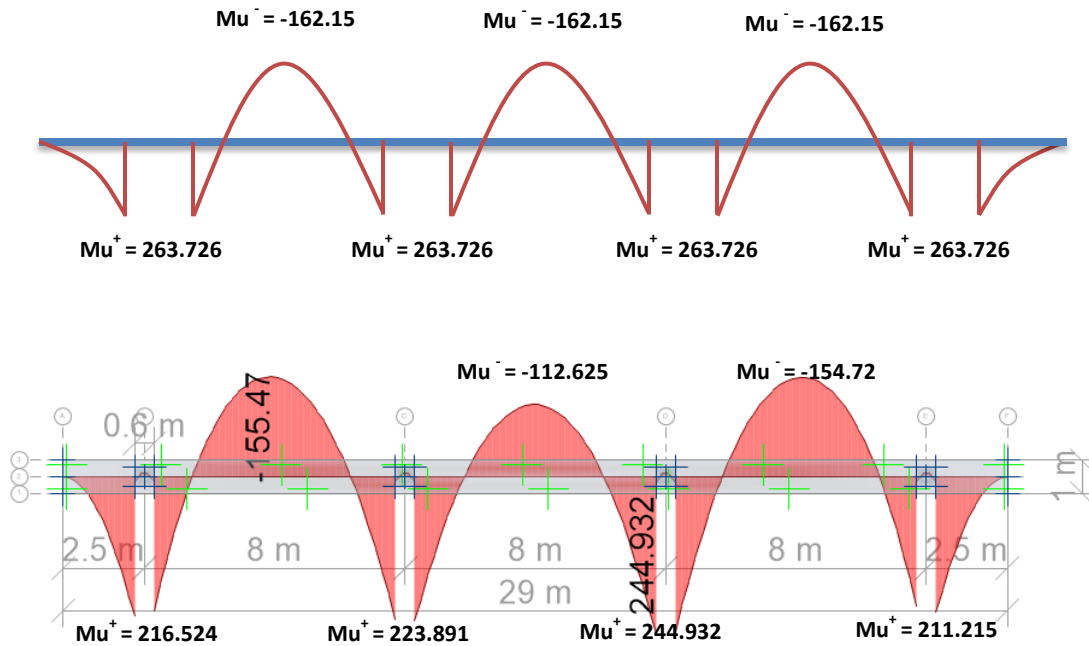


Figura 5.68. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el método de los coeficientes  $\delta$  (arriba) y el software SAFE2016 (abajo) para un módulo de subrasante  $k_s = 0.65 \text{ kg/cm}^3$ . Unidades en Tonf-m.

Una vez obtenidos los momentos máximos para el caso de  $k_s = 0.65 \text{ kg/cm}^3$ , se procede al cálculo del porcentaje de error tomando como valores exactos aquellos obtenidos con el software SAFE2016.

Tabla 5.17. Comparación de resultados obtenidos entre los métodos de las tablas de coeficientes  $\delta$  y el software SAFE2016 para  $k = 0.65 \text{ kg/cm}^3$ .

MOMENTOS Tonf – m/m	MÉTODOS		ERROR %
	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	
$Mu_{MÁX+}$	244.932	263.726	7.67
$Mu_{MÁX-}$	-155.470	-162.150	4.30

Momentos máximos obtenidos para  $k_s = 24 \text{ kg/cm}^3$ :

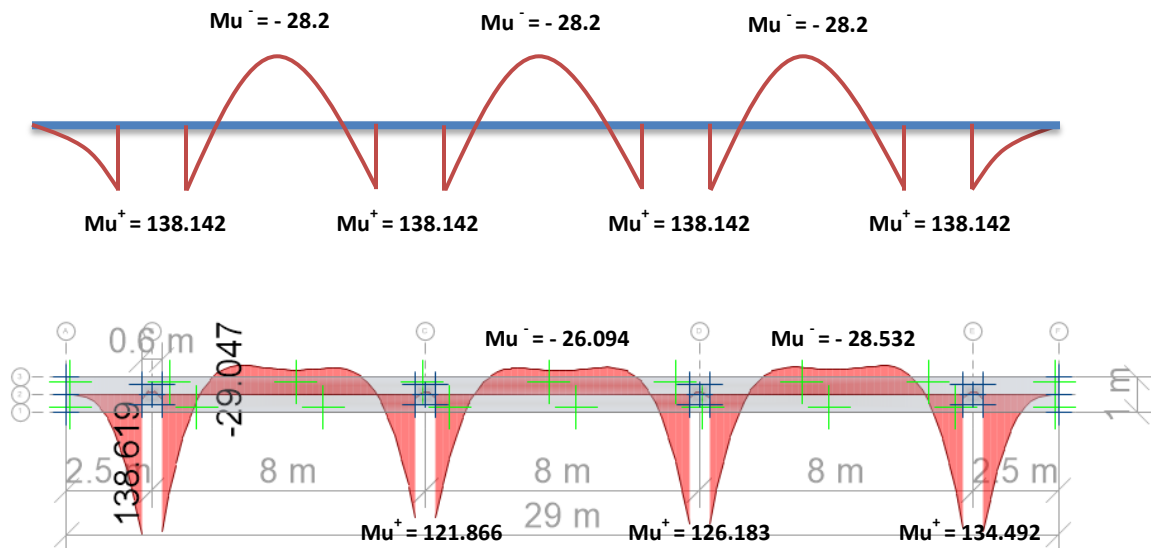


Figura 5.69. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el método de los coeficientes  $\delta$  (arriba) y el software SAFE2016 (abajo) para un módulo de subrasante  $k_s = 24 \text{ kg/cm}^3$ . Unidades en Tonf-m.

Una vez obtenidos los momentos máximos para el caso de  $k_s = 24 \text{ kg/cm}^3$ , se procede al cálculo del porcentaje de error tomando como valores exactos aquellos obtenidos con el software SAFE2016.

Tabla 5.18. Comparación de resultados obtenidos entre los métodos de las tablas de coeficientes  $\delta$  y el software SAFE2016 para  $k_s = 24 \text{ kg/cm}^3$ .

MOMENTOS Tonf – m/m	MÉTODOS		ERROR %
	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	
$Mu_{MÁX+}$	138.619	138.142	0.34
$Mu_{MÁX-}$	-29.047	-28.200	2.92

Momentos máximos obtenidos para  $k_s = 44 \text{ kg/cm}^3$ :

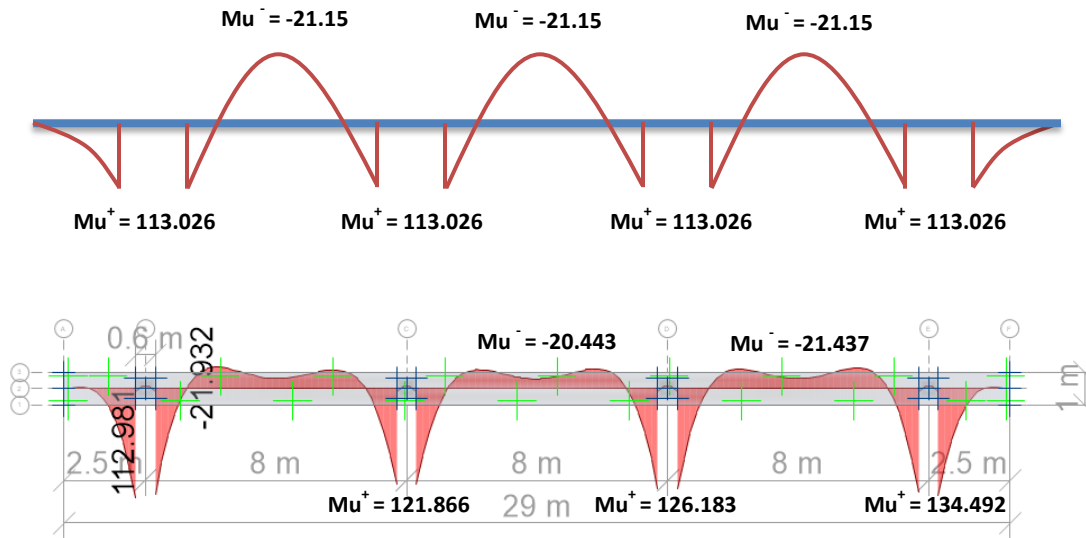


Figura 5.70. Comparación entre diagramas de momentos máximos obtenidos con el método de los coeficientes  $\delta$  (arriba) y el software SAFE2016 (abajo) para un módulo de subrasante  $k_s = 44 \text{ kg/cm}^3$ . Unidades en Tonf-m.

Una vez obtenidos los momentos máximos para el caso de  $k_s = 44 \text{ kg/cm}^3$ , se procede al cálculo del porcentaje de error tomando como valores exactos aquellos obtenidos con el software SAFE2016.

Tabla 5.19. Comparación de resultados obtenidos entre los métodos de las tablas de coeficientes  $\delta$  y el software SAFE2016 para  $k_s = 44 \text{ kg/cm}^3$ .

MOMENTOS Tonf – m/m	MÉTODOS		ERROR %
	SAFE 2016	Coefficientes $\delta$	
$Mu_{MÁX+}$	112.981	113.026	0.04
$Mu_{MÁX-}$	-21.932	-21.150	3.57

Puede observarse que, los porcentajes de error son bajos tomando como base los datos obtenidos con el software SAFE2016, se demuestra entonces la eficacia del método de los Coeficientes  $\delta$  para la obtención de momentos de diseño máximo en zapatas corridas sin contratrabes.

**V.3 COMPENDIO TABLAS DE COEFICIENTES  $\delta$**   
**PARA MOMENTOS MÁXIMOS**  
**EN ZAPATAS CORRIDAS SIN CONTRATRABES**

**ZAPATAS CORRIDAS SIN CONTRATRABES  
CON VOLADOS EN LOS EXTREMOS DE LA LOSA**

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 6.00m																		
Espesor de losa 0.40m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	324	-500	304	-667	295	-1000	289	-1200	286	-1500	284	-1714	282	-2000	280	-2222	279	-2500
Coeficientes δ																		
1E-06	0.99	1.00	0.99	1.00 *	1.15	1.00 *	1.39	1.00 *	1.55	1.00 *	1.77	1.00 *	1.94	1.00 *	2.14	1.00 *	2.31	1.00 *
0.10	1.04	0.91	1.31	0.66	1.46	0.39	1.57	0.32	1.56	0.26	1.57	0.23	1.57	0.19	1.58	0.18	1.58	0.16
0.50	1.12	0.70	1.46	0.43	1.48	0.29	1.50	0.24	1.52	0.19	1.53	0.17	1.54	0.14	1.55	0.13	1.55	0.11
0.65	1.13	0.66	1.46	0.41	1.47	0.27	1.49	0.23	1.51	0.18	1.52	0.16	1.53	0.14	1.54	0.12	1.55	0.11
1.20	1.15	0.55	1.43	0.36	1.43	0.24	1.46	0.20	1.48	0.16	1.49	0.14	1.50	0.12	1.51	0.11	1.51	0.10
1.30	1.16	0.54	1.42	0.35	1.43	0.24	1.45	0.20	1.47	0.16	1.48	0.14	1.49	0.12	1.50	0.11	1.51	0.09
1.50	1.16	0.52	1.41	0.34	1.41	0.23	1.44	0.19	1.46	0.15	1.47	0.13	1.48	0.11	1.49	0.10	1.49	0.09
3.60	1.13	0.39	1.27	0.27	1.30	0.18	1.32	0.15	1.34	0.12	1.35	0.11	1.36	0.09	1.36	0.08	1.37	0.07
4.00	1.12	0.37	1.25	0.26	1.28	0.18	1.30	0.15	1.32	0.12	1.33	0.10	1.34	0.09	1.34	0.08	1.35	0.07
8.00	1.03	0.28	1.10	0.20	1.13	0.14	1.15	0.11	1.16	0.09	1.17	0.08	1.18	0.07	1.19	0.06	1.19	0.05
10.00	0.99	0.25	1.05	0.18	1.09	0.12	1.11	0.10	1.12	0.08	1.13	0.07	1.13	0.06	1.14	0.05	1.14	0.05
12.00	0.95	0.22	1.01	0.16	1.05	0.11	1.06	0.09	1.08	0.07	1.09	0.06	1.09	0.05	1.10	0.05	1.10	0.04
15.00	0.90	0.19	0.96	0.14	0.99	0.10	1.01	0.08	1.02	0.06	1.03	0.06	1.04	0.05	1.04	0.04	1.05	0.04
20.00	0.84	0.16	0.89	0.12	0.92	0.08	0.94	0.06	0.95	0.05	0.96	0.04	0.96	0.04	0.97	0.03	0.97	0.03
21.00	0.83	0.15	0.88	0.11	0.91	0.07	0.92	0.06	0.94	0.05	0.94	0.04	0.95	0.04	0.95	0.03	0.96	0.03
22.00	0.82	0.14	0.87	0.11	0.90	0.07	0.91	0.06	0.92	0.05	0.93	0.04	0.94	0.04	0.94	0.03	0.95	0.03
24.00	0.79	0.13	0.85	0.10	0.87	0.07	0.89	0.06	0.90	0.04	0.91	0.04	0.91	0.03	0.92	0.03	0.92	0.03
30.00	0.74	0.11	0.79	0.08	0.82	0.06	0.83	0.05	0.84	0.04	0.85	0.03	0.85	0.03	0.86	0.03	0.86	0.02
40.00	0.67	0.09	0.72	0.07	0.74	0.05	0.76	0.04	0.76	0.03	0.77	0.03	0.78	0.02	0.78	0.02	0.78	0.02
44.00	0.65	0.09	0.70	0.07	0.72	0.04	0.73	0.04	0.74	0.03	0.75	0.03	0.75	0.02	0.75	0.02	0.76	0.02
110	0.47	0.06	0.50	0.05	0.52	0.03	0.52	0.03	0.53	0.02	0.54	0.02	0.54	0.02	0.54	0.01	0.54	0.01
150	0.42	0.06	0.45	0.04	0.46	0.03	0.47	0.02	0.47	0.02	0.48	0.02	0.48	0.01	0.48	0.01	0.48	0.01
220	0.36	0.05	0.39	0.04	0.40	0.02	0.40	0.02	0.41	0.02	0.41	0.01	0.42	0.01	0.42	0.01	0.42	0.01
885	0.20	0.03	0.22	0.02	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.24	0.01	0.24	0.01	0.24	0.01
1700	0.15	0.02	0.16	0.02	0.16	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00
2200	0.13	0.02	0.14	0.01	0.14	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.15	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00
3600	0.10	0.01	0.10	0.01	0.11	0.01	0.11	0.01	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00
9000	0.05	0.01	0.05	0.01	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00
36000	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.95	1.00
0.8	0.89	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.4m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 6m																		
Espesor de losa de 0.50m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.99	1.00	0.99	1.00	1.15	1.00*	1.39	1.00*	1.55	1.00*	1.77	1.00*	1.94	1.00*	2.14	1.00*	2.31	1.00*
0.10	1.02	0.95	1.21	0.76	1.42	0.45	1.58	0.36	1.58	0.29	1.57	0.25	1.58	0.22	1.58	0.20	1.59	0.17
0.50	1.08	0.81	1.42	0.51	1.49	0.32	1.52	0.27	1.52	0.22	1.53	0.19	1.54	0.16	1.55	0.15	1.55	0.13
0.65	1.09	0.77	1.44	0.48	1.49	0.31	1.51	0.26	1.51	0.21	1.53	0.18	1.54	0.16	1.55	0.14	1.55	0.12
1.20	1.13	0.67	1.46	0.41	1.47	0.27	1.49	0.23	1.51	0.18	1.52	0.16	1.53	0.14	1.54	0.12	1.55	0.11
1.30	1.13	0.65	1.46	0.40	1.47	0.27	1.49	0.23	1.51	0.18	1.52	0.16	1.53	0.14	1.54	0.12	1.54	0.11
1.50	1.14	0.63	1.45	0.39	1.46	0.26	1.48	0.22	1.50	0.17	1.52	0.15	1.53	0.13	1.53	0.12	1.54	0.10
3.60	1.15	0.48	1.38	0.32	1.39	0.22	1.42	0.18	1.43	0.14	1.45	0.13	1.45	0.11	1.46	0.10	1.47	0.09
4.00	1.15	0.47	1.36	0.31	1.38	0.21	1.40	0.18	1.42	0.14	1.43	0.12	1.44	0.11	1.45	0.09	1.45	0.08
8.00	1.11	0.37	1.24	0.26	1.27	0.17	1.29	0.15	1.31	0.12	1.32	0.10	1.33	0.09	1.33	0.08	1.34	0.07
10.00	1.09	0.34	1.19	0.24	1.22	0.16	1.24	0.13	1.26	0.11	1.27	0.09	1.28	0.08	1.28	0.07	1.29	0.06
12.00	1.06	0.31	1.15	0.23	1.18	0.15	1.20	0.13	1.22	0.10	1.23	0.09	1.24	0.08	1.24	0.07	1.25	0.06
15.00	1.03	0.28	1.10	0.21	1.13	0.14	1.15	0.11	1.17	0.09	1.18	0.08	1.18	0.07	1.19	0.06	1.19	0.05
20.00	0.98	0.24	1.04	0.18	1.07	0.12	1.09	0.10	1.11	0.08	1.12	0.07	1.12	0.06	1.13	0.05	1.13	0.05
21.00	0.97	0.24	1.03	0.17	1.06	0.12	1.08	0.10	1.09	0.08	1.10	0.07	1.11	0.06	1.12	0.05	1.12	0.05
22.00	0.96	0.23	1.02	0.17	1.05	0.11	1.07	0.09	1.08	0.07	1.09	0.07	1.10	0.06	1.11	0.05	1.11	0.04
24.00	0.94	0.22	1.00	0.16	1.03	0.11	1.05	0.09	1.06	0.07	1.07	0.06	1.08	0.05	1.08	0.05	1.09	0.04
30.00	0.89	0.19	0.95	0.14	0.98	0.09	1.00	0.08	1.01	0.06	1.02	0.05	1.02	0.05	1.03	0.04	1.03	0.04
40.00	0.82	0.15	0.88	0.11	0.91	0.07	0.92	0.06	0.93	0.05	0.94	0.04	0.95	0.04	0.95	0.03	0.95	0.03
44.00	0.80	0.14	0.85	0.10	0.88	0.07	0.90	0.06	0.91	0.05	0.91	0.04	0.92	0.03	0.93	0.03	0.93	0.03
110	0.59	0.08	0.63	0.06	0.65	0.04	0.66	0.03	0.67	0.03	0.67	0.02	0.68	0.02	0.68	0.02	0.68	0.02
150	0.52	0.07	0.56	0.05	0.58	0.03	0.59	0.03	0.59	0.02	0.60	0.02	0.60	0.02	0.60	0.02	0.61	0.01
220	0.45	0.06	0.48	0.04	0.50	0.03	0.51	0.02	0.51	0.02	0.52	0.02	0.52	0.01	0.52	0.01	0.52	0.01
885	0.26	0.03	0.27	0.03	0.28	0.02	0.29	0.01	0.29	0.01	0.29	0.01	0.29	0.01	0.30	0.01	0.30	0.01
1700	0.19	0.02	0.20	0.02	0.21	0.01	0.21	0.01	0.21	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.22	0.00
2200	0.17	0.02	0.18	0.02	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19	0.01	0.19	0.01	0.19	0.01	0.19	0.00	0.19	0.00
3600	0.13	0.02	0.13	0.01	0.14	0.01	0.14	0.01	0.14	0.01	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.15	0.00
9000	0.07	0.01	0.07	0.01	0.07	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00
36000	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.95	1.00
0.8	0.89	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.5m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 6m																		
Espesor de losa de 0.60 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.99	1.00	0.99	1.00 *	1.15	1.00 *	1.39	1.00 *	1.55	1.00 *	1.77	1.00 *	1.94	1.00 *	2.14	1.00 *	2.31	1.00 *
0.10	1.01	0.97	1.14	0.84 ■	1.36	0.55 ■	1.57	0.40 ■	1.59	0.31	1.60	0.28	1.59	0.24	1.60	0.21	1.61	0.19
0.50	1.05	0.87	1.36	0.59	1.48	0.36	1.55	0.30	1.54	0.24	1.55	0.21	1.56	0.18	1.57	0.16	1.57	0.14
0.65	1.06	0.84	1.39	0.55	1.49	0.35	1.54	0.29	1.53	0.23	1.54	0.20	1.55	0.17	1.56	0.16	1.56	0.14
1.20	1.10	0.76	1.44	0.47	1.49	0.31	1.50	0.26	1.51	0.20	1.53	0.18	1.54	0.15	1.55	0.14	1.55	0.12
1.30	1.10	0.74	1.45	0.46	1.49	0.30	1.50	0.25	1.52	0.20	1.53	0.18	1.54	0.15	1.55	0.14	1.55	0.12
1.50	1.11	0.72	1.45	0.44	1.48	0.29	1.50	0.24	1.52	0.20	1.53	0.17	1.54	0.15	1.55	0.13	1.55	0.12
3.60	1.15	0.57	1.43	0.37	1.44	0.24	1.46	0.20	1.48	0.16	1.49	0.14	1.50	0.12	1.51	0.11	1.52	0.10
4.00	1.15	0.55	1.42	0.36	1.43	0.24	1.46	0.20	1.47	0.16	1.49	0.14	1.50	0.12	1.50	0.11	1.51	0.10
8.00	1.15	0.44	1.34	0.30	1.35	0.20	1.38	0.17	1.40	0.13	1.41	0.12	1.42	0.10	1.42	0.09	1.43	0.08
10.00	1.13	0.41	1.30	0.29	1.32	0.19	1.34	0.16	1.36	0.13	1.37	0.11	1.38	0.10	1.39	0.09	1.39	0.08
12.00	1.12	0.38	1.26	0.27	1.29	0.18	1.31	0.15	1.33	0.12	1.34	0.11	1.35	0.09	1.35	0.08	1.36	0.07
15.00	1.10	0.35	1.22	0.25	1.24	0.17	1.27	0.14	1.28	0.11	1.29	0.10	1.30	0.08	1.31	0.08	1.31	0.07
20.00	1.06	0.31	1.15	0.23	1.18	0.15	1.20	0.13	1.22	0.10	1.23	0.09	1.24	0.08	1.24	0.07	1.25	0.06
21.00	1.06	0.31	1.14	0.22	1.17	0.15	1.19	0.12	1.21	0.10	1.22	0.09	1.22	0.07	1.23	0.07	1.23	0.06
22.00	1.05	0.30	1.13	0.22	1.16	0.15	1.18	0.12	1.20	0.10	1.21	0.08	1.21	0.07	1.22	0.07	1.22	0.06
24.00	1.04	0.29	1.11	0.21	1.14	0.14	1.16	0.12	1.17	0.09	1.18	0.08	1.19	0.07	1.20	0.06	1.20	0.06
30.00	1.00	0.26	1.06	0.19	1.09	0.13	1.11	0.10	1.13	0.08	1.14	0.07	1.14	0.06	1.15	0.06	1.15	0.05
40.00	0.94	0.22	1.00	0.16	1.03	0.11	1.05	0.09	1.06	0.07	1.07	0.06	1.08	0.05	1.08	0.05	1.09	0.04
44.00	0.92	0.21	0.98	0.15	1.01	0.10	1.03	0.08	1.04	0.07	1.05	0.06	1.06	0.05	1.06	0.05	1.06	0.04
110	0.70	0.10	0.75	0.07	0.77	0.05	0.78	0.04	0.79	0.03	0.80	0.03	0.81	0.02	0.81	0.02	0.81	0.02
150	0.63	0.08	0.67	0.06	0.69	0.04	0.70	0.03	0.71	0.03	0.72	0.02	0.72	0.02	0.73	0.02	0.73	0.02
220	0.54	0.07	0.58	0.05	0.60	0.03	0.61	0.03	0.62	0.02	0.62	0.02	0.63	0.02	0.63	0.02	0.63	0.01
885	0.31	0.04	0.33	0.03	0.34	0.02	0.34	0.02	0.35	0.01	0.35	0.01	0.35	0.01	0.35	0.01	0.36	0.01
1700	0.23	0.03	0.24	0.02	0.25	0.01	0.25	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01
2200	0.20	0.02	0.21	0.02	0.22	0.01	0.22	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.00
3600	0.15	0.02	0.16	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.01	0.17	0.00	0.18	0.00	0.18	0.00
9000	0.08	0.01	0.09	0.01	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
36000	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.94	1.00
0.8	0.89	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

■ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.6m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 6m																		
Espesor de losa de 0.70 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.99	1.00	0.99	1.00 *	1.15	1.00 *	1.39	1.00 *	1.55	1.00 *	1.77	1.00 *	1.94	1.00 *	2.14	1.00 *	2.31	1.00 *
0.10	1.00	0.98	1.09	0.89 ▣	1.32	0.65 ▣	1.55	0.44 ▣	1.60	0.34	1.63	0.29	1.61	0.25	1.59	0.23	1.62	0.20
0.50	1.03	0.91	1.30	0.67	1.46	0.39	1.57	0.32	1.56	0.26	1.56	0.23	1.57	0.20	1.58	0.18	1.58	0.16
0.65	1.04	0.89	1.33	0.62	1.47	0.37	1.56	0.31	1.55	0.25	1.55	0.22	1.56	0.19	1.57	0.17	1.58	0.15
1.20	1.07	0.82	1.41	0.53	1.49	0.33	1.53	0.28	1.52	0.22	1.53	0.20	1.54	0.17	1.55	0.15	1.56	0.13
1.30	1.07	0.81	1.42	0.52	1.49	0.33	1.53	0.27	1.52	0.22	1.53	0.19	1.54	0.16	1.55	0.15	1.55	0.13
1.50	1.08	0.79	1.43	0.50	1.49	0.32	1.52	0.27	1.51	0.21	1.52	0.19	1.54	0.16	1.54	0.14	1.55	0.13
3.60	1.13	0.65	1.45	0.40	1.47	0.27	1.49	0.22	1.50	0.18	1.52	0.16	1.53	0.13	1.53	0.12	1.54	0.11
4.00	1.14	0.63	1.45	0.39	1.46	0.26	1.48	0.22	1.50	0.18	1.51	0.15	1.52	0.13	1.53	0.12	1.54	0.11
8.00	1.15	0.51	1.40	0.34	1.40	0.23	1.43	0.19	1.45	0.15	1.46	0.13	1.47	0.11	1.48	0.10	1.48	0.09
10.00	1.15	0.48	1.37	0.32	1.38	0.21	1.41	0.18	1.42	0.14	1.43	0.12	1.44	0.11	1.45	0.10	1.46	0.09
12.00	1.15	0.45	1.34	0.30	1.36	0.20	1.38	0.17	1.40	0.14	1.41	0.12	1.42	0.10	1.43	0.09	1.43	0.08
15.00	1.13	0.41	1.30	0.29	1.32	0.19	1.35	0.16	1.36	0.13	1.37	0.11	1.38	0.10	1.39	0.09	1.39	0.08
20.00	1.11	0.37	1.25	0.26	1.27	0.18	1.29	0.15	1.31	0.12	1.32	0.10	1.33	0.09	1.34	0.08	1.34	0.07
21.00	1.11	0.37	1.24	0.26	1.26	0.17	1.28	0.14	1.30	0.12	1.31	0.10	1.32	0.09	1.33	0.08	1.33	0.07
22.00	1.10	0.36	1.23	0.26	1.25	0.17	1.28	0.14	1.29	0.11	1.30	0.10	1.31	0.09	1.32	0.08	1.32	0.07
24.00	1.09	0.35	1.21	0.25	1.23	0.17	1.26	0.14	1.27	0.11	1.28	0.10	1.29	0.08	1.30	0.07	1.30	0.07
30.00	1.07	0.32	1.16	0.23	1.19	0.15	1.21	0.13	1.22	0.10	1.23	0.09	1.24	0.08	1.25	0.07	1.25	0.06
40.00	1.02	0.28	1.09	0.20	1.12	0.13	1.14	0.12	1.15	0.09	1.16	0.08	1.17	0.07	1.18	0.06	1.18	0.05
44.00	1.00	0.26	1.07	0.19	1.10	0.13	1.12	0.11	1.14	0.09	1.15	0.07	1.15	0.06	1.16	0.06	1.16	0.05
110	0.80	0.14	0.85	0.11	0.88	0.07	0.90	0.06	0.91	0.05	0.92	0.04	0.92	0.04	0.93	0.03	0.93	0.03
150	0.72	0.11	0.77	0.08	0.80	0.05	0.81	0.05	0.82	0.04	0.83	0.03	0.83	0.03	0.84	0.02	0.84	0.02
220	0.63	0.08	0.67	0.06	0.70	0.04	0.71	0.03	0.72	0.03	0.72	0.02	0.73	0.02	0.73	0.02	0.73	0.02
885	0.36	0.04	0.38	0.03	0.39	0.02	0.40	0.02	0.41	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01
1700	0.26	0.03	0.28	0.02	0.29	0.02	0.30	0.01	0.30	0.01	0.30	0.01	0.30	0.01	0.31	0.01	0.31	0.01
2200	0.23	0.03	0.25	0.02	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.27	0.01	0.27	0.01	0.27	0.01	0.27	0.01
3600	0.18	0.02	0.19	0.02	0.20	0.01	0.20	0.01	0.20	0.01	0.20	0.01	0.20	0.01	0.21	0.00	0.21	0.00
9000	0.10	0.01	0.10	0.01	0.11	0.01	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00
36000	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.94	1.00
0.8	0.89	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▣ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.7m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 6m																		
Espesor de losa de 0.80 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.99	1.00	0.99	1.00	1.15	1.00 *	1.39	1.00 *	1.55	1.00 *	1.77	1.00 *	1.94	1.00 *	2.14	1.00 *	2.31	1.00 *
0.10	1.00	0.99	1.06	0.92	1.28	0.73	1.53	0.52	1.60	0.36	1.64	0.31	1.63	0.27	1.61	0.24	1.61	0.21
0.50	1.02	0.94	1.24	0.73	1.43	0.43	1.58	0.35	1.57	0.28	1.57	0.25	1.57	0.21	1.58	0.19	1.59	0.17
0.65	1.03	0.92	1.28	0.69	1.45	0.41	1.58	0.33	1.56	0.27	1.57	0.24	1.57	0.20	1.58	0.18	1.59	0.16
1.20	1.05	0.87	1.36	0.59	1.48	0.36	1.55	0.30	1.54	0.24	1.55	0.21	1.56	0.18	1.57	0.16	1.57	0.14
1.30	1.05	0.86	1.37	0.58	1.48	0.35	1.55	0.29	1.54	0.24	1.54	0.21	1.56	0.18	1.56	0.16	1.57	0.14
1.50	1.06	0.84	1.39	0.55	1.48	0.34	1.54	0.29	1.53	0.23	1.54	0.20	1.55	0.17	1.56	0.16	1.56	0.14
3.60	1.11	0.71	1.45	0.44	1.48	0.29	1.49	0.24	1.51	0.19	1.52	0.17	1.53	0.15	1.54	0.13	1.55	0.12
4.00	1.11	0.70	1.45	0.43	1.48	0.28	1.49	0.24	1.51	0.19	1.52	0.17	1.53	0.14	1.54	0.13	1.55	0.11
8.00	1.15	0.58	1.43	0.37	1.44	0.25	1.46	0.20	1.48	0.16	1.49	0.14	1.50	0.12	1.51	0.11	1.51	0.10
10.00	1.15	0.54	1.41	0.35	1.42	0.23	1.44	0.19	1.46	0.16	1.47	0.14	1.48	0.12	1.49	0.11	1.50	0.09
12.00	1.15	0.51	1.39	0.33	1.40	0.22	1.43	0.19	1.44	0.15	1.46	0.13	1.46	0.11	1.47	0.10	1.48	0.09
15.00	1.15	0.47	1.36	0.32	1.37	0.21	1.40	0.18	1.42	0.14	1.43	0.12	1.44	0.11	1.44	0.10	1.45	0.08
20.00	1.14	0.43	1.32	0.29	1.33	0.20	1.36	0.16	1.37	0.13	1.39	0.11	1.39	0.10	1.40	0.09	1.41	0.08
21.00	1.13	0.42	1.31	0.29	1.33	0.19	1.35	0.16	1.37	0.13	1.38	0.11	1.39	0.10	1.39	0.09	1.40	0.08
22.00	1.13	0.41	1.30	0.29	1.32	0.19	1.34	0.16	1.36	0.13	1.37	0.11	1.38	0.10	1.39	0.09	1.39	0.08
24.00	1.13	0.40	1.28	0.28	1.30	0.19	1.33	0.16	1.34	0.12	1.35	0.11	1.36	0.09	1.37	0.08	1.37	0.07
30.00	1.11	0.37	1.24	0.26	1.26	0.17	1.28	0.14	1.30	0.12	1.31	0.10	1.32	0.09	1.33	0.08	1.33	0.07
40.00	1.07	0.33	1.17	0.24	1.20	0.16	1.22	0.13	1.24	0.10	1.25	0.09	1.26	0.08	1.26	0.07	1.27	0.06
44.00	1.06	0.31	1.15	0.23	1.18	0.15	1.20	0.13	1.22	0.10	1.23	0.09	1.23	0.08	1.24	0.07	1.24	0.06
110	0.88	0.19	0.94	0.14	0.97	0.09	0.99	0.08	1.00	0.06	1.01	0.05	1.02	0.05	1.02	0.04	1.03	0.04
150	0.81	0.15	0.86	0.11	0.89	0.07	0.91	0.06	0.92	0.05	0.93	0.04	0.93	0.04	0.94	0.03	0.94	0.03
220	0.72	0.11	0.76	0.08	0.79	0.05	0.80	0.04	0.81	0.04	0.82	0.03	0.82	0.03	0.83	0.02	0.83	0.02
885	0.41	0.05	0.44	0.04	0.45	0.02	0.46	0.02	0.46	0.02	0.47	0.01	0.47	0.01	0.47	0.01	0.47	0.01
1700	0.30	0.04	0.32	0.03	0.33	0.02	0.34	0.02	0.34	0.01	0.34	0.01	0.35	0.01	0.35	0.01	0.35	0.01
2200	0.26	0.03	0.28	0.02	0.29	0.02	0.30	0.01	0.30	0.01	0.30	0.01	0.30	0.01	0.31	0.01	0.31	0.01
3600	0.20	0.02	0.22	0.02	0.22	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.24	0.00
9000	0.11	0.01	0.12	0.01	0.12	0.01	0.13	0.01	0.13	0.00	0.13	0.00	0.13	0.00	0.13	0.00	0.13	0.00
36000	0.03	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.94	1.00
0.8	0.88	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.8m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 8m																		
Espesor de losa de 0.50 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	372	-750	346	-1000	334	-1500	327	-1800	323	-2250	319	-2571	317	-3000	316	-3333	314	-3750
	Coeficientes δ																	
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.08	1.00 *	1.19	1.00 *	1.26	1.00 *	1.36	1.00 *	1.44	1.00 *
0.10	1.07	0.86	1.47	0.56	1.68	0.34	1.82	0.29	1.80	0.23	1.82	0.20	1.83	0.17	1.82	0.16	1.85	0.14
0.50	1.19	0.60	1.68	0.36	1.70	0.24	1.73	0.20	1.75	0.16	1.77	0.14	1.78	0.12	1.79	0.11	1.80	0.10
0.65	1.21	0.55	1.67	0.34	1.68	0.23	1.72	0.19	1.74	0.15	1.76	0.13	1.77	0.11	1.78	0.10	1.79	0.09
1.20	1.24	0.44	1.61	0.29	1.62	0.19	1.66	0.16	1.68	0.13	1.70	0.11	1.71	0.10	1.72	0.09	1.72	0.08
1.30	1.24	0.43	1.59	0.28	1.61	0.19	1.65	0.16	1.67	0.13	1.69	0.11	1.70	0.09	1.71	0.09	1.71	0.08
1.50	1.24	0.41	1.57	0.27	1.59	0.18	1.62	0.15	1.65	0.12	1.67	0.11	1.67	0.09	1.68	0.08	1.69	0.07
3.60	1.18	0.28	1.37	0.21	1.41	0.14	1.44	0.11	1.46	0.09	1.47	0.08	1.48	0.07	1.49	0.06	1.50	0.05
4.00	1.17	0.27	1.34	0.20	1.38	0.13	1.41	0.11	1.43	0.09	1.44	0.08	1.45	0.07	1.46	0.06	1.47	0.05
8.00	1.06	0.19	1.14	0.14	1.18	0.09	1.20	0.08	1.22	0.06	1.23	0.05	1.24	0.05	1.25	0.04	1.25	0.04
10.00	1.01	0.16	1.08	0.12	1.12	0.08	1.15	0.07	1.16	0.05	1.17	0.05	1.18	0.04	1.19	0.04	1.19	0.03
12.00	0.96	0.14	1.04	0.11	1.08	0.07	1.10	0.06	1.11	0.05	1.13	0.04	1.13	0.04	1.14	0.03	1.14	0.03
15.00	0.91	0.12	0.98	0.09	1.02	0.06	1.04	0.05	1.05	0.04	1.06	0.03	1.07	0.03	1.07	0.03	1.08	0.02
20.00	0.84	0.09	0.90	0.07	0.94	0.05	0.95	0.04	0.97	0.03	0.98	0.03	0.98	0.02	0.99	0.02	0.99	0.02
21.00	0.83	0.09	0.89	0.07	0.92	0.05	0.94	0.04	0.95	0.03	0.96	0.03	0.97	0.02	0.97	0.02	0.98	0.02
22.00	0.81	0.09	0.88	0.07	0.91	0.04	0.93	0.04	0.94	0.03	0.95	0.03	0.96	0.02	0.96	0.02	0.96	0.02
24.00	0.79	0.08	0.85	0.06	0.88	0.04	0.90	0.03	0.91	0.03	0.92	0.02	0.93	0.02	0.93	0.02	0.94	0.02
30.00	0.74	0.07	0.79	0.05	0.82	0.04	0.84	0.03	0.85	0.02	0.86	0.02	0.86	0.02	0.87	0.02	0.87	0.01
40.00	0.67	0.06	0.72	0.05	0.74	0.03	0.76	0.03	0.77	0.02	0.78	0.02	0.78	0.02	0.79	0.01	0.79	0.01
44.00	0.65	0.06	0.70	0.05	0.72	0.03	0.74	0.03	0.75	0.02	0.75	0.02	0.76	0.02	0.76	0.01	0.76	0.01
110	0.46	0.05	0.50	0.03	0.51	0.02	0.52	0.02	0.53	0.02	0.54	0.01	0.54	0.01	0.54	0.01	0.54	0.01
150	0.41	0.04	0.44	0.03	0.46	0.02	0.47	0.02	0.47	0.01	0.48	0.01	0.48	0.01	0.48	0.01	0.48	0.01
220	0.35	0.04	0.38	0.03	0.39	0.02	0.40	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01	0.42	0.01
885	0.19	0.02	0.21	0.01	0.21	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.23	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00
1700	0.14	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00
2200	0.12	0.01	0.13	0.01	0.13	0.01	0.13	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00
3600	0.08	0.01	0.09	0.01	0.09	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
9000	0.04	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00
36000	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00

ANCHO DADO	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.91	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.5m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 8m																		
Espesor de losa de 0.60 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	372	-750	346	-1000	334	-1500	327	-1800	323	-2250	319	-2571	317	-3000	316	-3333	314	-3750
Coeficientes δ																		
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.08	1.00 ▫	1.19	1.00 *	1.26	1.00 *	1.36	1.12 *	1.44	1.00 *
0.10	1.04	0.91	1.33	0.66	1.61	0.39	1.83	0.32	1.83	0.26	1.86	0.23	1.84	0.19	1.84	0.17	1.85	0.15
0.50	1.15	0.70	1.66	0.41	1.72	0.27	1.75	0.23	1.76	0.18	1.78	0.16	1.79	0.14	1.80	0.12	1.81	0.11
0.65	1.17	0.65	1.67	0.39	1.71	0.26	1.73	0.22	1.85	0.17	1.78	0.15	1.79	0.13	1.80	0.12	1.81	0.10
1.20	1.22	0.53	1.66	0.33	1.68	0.22	1.71	0.19	1.73	0.15	1.75	0.13	1.76	0.11	1.77	0.10	1.78	0.09
1.30	1.22	0.52	1.66	0.32	1.67	0.22	1.70	0.18	1.73	0.15	1.75	0.13	1.76	0.11	1.77	0.10	1.77	0.09
1.50	1.23	0.49	1.64	0.31	1.66	0.21	1.69	0.18	1.71	0.14	1.73	0.12	1.74	0.11	1.75	0.09	1.76	0.08
3.60	1.23	0.36	1.50	0.25	1.53	0.16	1.56	0.14	1.58	0.11	1.60	0.10	1.61	0.08	1.62	0.07	1.62	0.07
4.00	1.22	0.34	1.47	0.24	1.51	0.16	1.54	0.13	1.56	0.11	1.58	0.09	1.58	0.08	1.59	0.07	1.60	0.06
8.00	1.15	0.25	1.29	0.18	1.33	0.12	1.36	0.10	1.38	0.08	1.40	0.07	1.40	0.06	1.41	0.06	1.42	0.05
10.00	1.11	0.22	1.23	0.16	1.27	0.11	1.30	0.09	1.31	0.07	1.33	0.06	1.34	0.05	1.34	0.05	1.35	0.04
12.00	1.08	0.20	1.17	0.15	1.21	0.10	1.24	0.08	1.26	0.07	1.27	0.06	1.28	0.05	1.28	0.04	1.29	0.04
15.00	1.03	0.18	1.11	0.13	1.15	0.09	1.17	0.07	1.19	0.06	1.20	0.05	1.21	0.04	1.22	0.04	1.22	0.03
20.00	0.97	0.14	1.04	0.11	1.08	0.07	1.10	0.06	1.12	0.05	1.13	0.04	1.13	0.04	1.14	0.03	1.14	0.03
21.00	0.96	0.14	1.03	0.10	1.06	0.07	1.09	0.06	1.10	0.05	1.11	0.04	1.12	0.03	1.13	0.03	1.13	0.03
22.00	0.94	0.13	1.02	0.10	1.05	0.07	1.07	0.06	1.09	0.04	1.10	0.04	1.11	0.03	1.11	0.03	1.12	0.03
24.00	0.92	0.12	0.99	0.09	1.03	0.06	1.05	0.05	1.06	0.04	1.08	0.04	1.08	0.03	1.09	0.03	1.09	0.02
30.00	0.87	0.10	0.93	0.08	0.97	0.05	0.99	0.04	1.00	0.03	1.01	0.03	1.02	0.03	1.02	0.02	1.03	0.02
40.00	0.79	0.08	0.85	0.06	0.88	0.04	0.90	0.03	0.92	0.03	0.93	0.02	0.93	0.02	0.94	0.02	0.94	0.02
44.00	0.77	0.08	0.82	0.06	0.85	0.04	0.87	0.03	0.88	0.03	0.89	0.02	0.89	0.02	0.90	0.02	0.90	0.02
110	0.55	0.05	0.60	0.04	0.62	0.03	0.63	0.02	0.64	0.02	0.65	0.02	0.65	0.01	0.65	0.01	0.66	0.01
150	0.49	0.05	0.53	0.04	0.55	0.02	0.56	0.02	0.57	0.02	0.57	0.01	0.58	0.01	0.58	0.01	0.58	0.01
220	0.42	0.04	0.46	0.03	0.47	0.02	0.48	0.02	0.49	0.01	0.49	0.01	0.50	0.01	0.50	0.01	0.50	0.01
885	0.23	0.02	0.25	0.02	0.26	0.01	0.26	0.01	0.27	0.01	0.27	0.01	0.27	0.01	0.27	0.01	0.28	0.00
1700	0.17	0.02	0.24	0.01	0.24	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.26	0.00	0.26	0.00	0.26	0.00	0.26	0.00
2200	0.14	0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.16	0.01	0.16	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00
3600	0.10	0.01	0.11	0.01	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00
9000	0.05	0.00	0.05	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00
36000	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00

ANCHO DADO	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.91	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.6m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 8m																		
Espesor de losa de 0.70 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	372	-750	346	-1000	334	-1500	327	-1800	323	-2250	319	-2571	317	-3000	316	-3333	314	-3750
Coeficientes δ																		
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.08	1.00 *	1.19	1.00 *	1.26	1.00 *	1.36	1.00 *	1.44	1.00 *
0.10	1.03	0.94	1.21	0.74 *	1.52	0.43	1.81	0.35	1.83	0.28	1.85	0.24	1.86	0.21	1.86	0.19	1.84	0.17
0.50	1.11	0.78	1.60	0.47	1.71	0.30	1.78	0.25	1.77	0.20	1.79	0.18	1.80	0.15	1.81	0.14	1.82	0.12
0.65	1.13	0.73	1.63	0.44	1.72	0.28	1.76	0.24	1.76	0.19	1.78	0.17	1.79	0.14	1.80	0.13	1.81	0.11
1.20	1.18	0.62	1.68	0.37	1.71	0.25	1.73	0.21	1.76	0.17	1.78	0.15	1.79	0.12	1.79	0.11	1.80	0.10
1.30	1.19	0.61	1.68	0.36	1.70	0.24	1.73	0.20	1.75	0.16	1.77	0.14	1.78	0.12	1.79	0.11	1.80	0.10
1.50	1.20	0.58	1.67	0.35	1.69	0.24	1.72	0.20	1.75	0.16	1.77	0.14	1.78	0.12	1.79	0.11	1.79	0.09
3.60	1.23	0.42	1.58	0.28	1.60	0.19	1.64	0.16	1.66	0.13	1.68	0.11	1.69	0.09	1.70	0.08	1.70	0.08
4.00	1.23	0.41	1.57	0.27	1.59	0.18	1.62	0.15	1.64	0.12	1.66	0.11	1.67	0.09	1.68	0.08	1.69	0.07
8.00	1.20	0.31	1.41	0.22	1.45	0.15	1.48	0.12	1.50	0.10	1.52	0.09	1.52	0.07	1.53	0.07	1.54	0.06
10.00	1.18	0.28	1.35	0.20	1.39	0.13	1.42	0.11	1.44	0.09	1.46	0.08	1.46	0.07	1.47	0.06	1.48	0.05
12.00	1.15	0.26	1.30	0.19	1.34	0.12	1.37	0.10	1.39	0.08	1.41	0.07	1.41	0.06	1.42	0.06	1.43	0.05
15.00	1.12	0.23	1.24	0.17	1.28	0.11	1.31	0.09	1.32	0.07	1.34	0.07	1.34	0.06	1.35	0.05	1.36	0.04
20.00	1.06	0.19	1.15	0.14	1.19	0.10	1.22	0.08	1.23	0.06	1.25	0.06	1.25	0.05	1.26	0.04	1.27	0.04
21.00	1.05	0.19	1.14	0.14	1.18	0.09	1.20	0.08	1.22	0.06	1.23	0.05	1.24	0.05	1.24	0.04	1.25	0.04
22.00	1.04	0.18	1.12	0.14	1.16	0.09	1.19	0.08	1.20	0.06	1.22	0.05	1.22	0.05	1.23	0.04	1.23	0.04
24.00	1.02	0.17	1.10	0.13	1.14	0.09	1.16	0.07	1.18	0.06	1.19	0.05	1.20	0.04	1.21	0.04	1.21	0.03
30.00	0.97	0.15	1.05	0.11	1.08	0.07	1.11	0.06	1.12	0.05	1.13	0.04	1.14	0.04	1.15	0.03	1.15	0.03
40.00	0.90	0.12	0.97	0.09	1.01	0.06	1.03	0.05	1.04	0.04	1.05	0.03	1.06	0.03	1.06	0.03	1.07	0.02
44.00	0.88	0.11	0.95	0.08	0.98	0.05	1.00	0.04	1.01	0.04	1.02	0.03	1.03	0.03	1.04	0.02	1.04	0.02
110	0.65	0.06	0.70	0.05	0.72	0.03	0.74	0.03	0.75	0.02	0.75	0.02	0.76	0.02	0.76	0.01	0.77	0.01
150	0.58	0.05	0.62	0.04	0.64	0.03	0.65	0.02	0.66	0.02	0.67	0.02	0.67	0.01	0.68	0.01	0.68	0.01
220	0.49	0.05	0.53	0.04	0.55	0.02	0.56	0.02	0.57	0.02	0.58	0.01	0.58	0.01	0.58	0.01	0.59	0.01
885	0.27	0.03	0.29	0.02	0.30	0.01	0.31	0.01	0.31	0.01	0.32	0.01	0.32	0.01	0.32	0.01	0.32	0.01
1700	0.19	0.02	0.21	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.23	0.01	0.23	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00
2200	0.17	0.02	0.18	0.01	0.19	0.01	0.19	0.01	0.19	0.01	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00
3600	0.12	0.01	0.13	0.01	0.14	0.01	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00
9000	0.06	0.01	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00
36000	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

ANCHO DADO	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.91	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.7m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 8m																		
Espesor de losa de 0.80 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	372	-750	346	-1000	334	-1500	327	-1800	323	-2250	319	-2571	317	-3000	316	-3333	314	-3750
Coeficientes δ																		
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.08	1.00 *	1.19	1.00 *	1.26	1.00 *	1.80	1.00 *	1.44	1.00 *
0.10	1.02	0.96	1.12	0.80 ▣	1.44	0.48 ▣	1.77	0.37	1.82	0.30	1.87	0.26	1.85	0.22	1.90	0.20	1.88	0.18
0.50	1.08	0.83	1.52	0.53	1.69	0.33	1.80	0.28	1.79	0.22	1.81	0.19	1.82	0.17	1.83	0.15	1.84	0.13
0.65	1.10	0.80	1.57	0.49	1.71	0.31	1.79	0.26	1.78	0.21	1.80	0.18	1.81	0.16	1.82	0.14	1.83	0.13
1.20	1.15	0.69	1.65	0.41	1.72	0.27	1.74	0.23	1.76	0.18	1.78	0.16	1.79	0.14	1.80	0.12	1.80	0.11
1.30	1.16	0.68	1.66	0.40	1.71	0.27	1.74	0.22	1.76	0.18	1.78	0.16	1.79	0.13	1.80	0.12	1.80	0.11
1.50	1.17	0.65	1.67	0.39	1.71	0.26	1.73	0.22	1.76	0.17	1.78	0.15	1.79	0.13	1.80	0.12	1.80	0.10
3.60	1.23	0.49	1.64	0.31	1.65	0.21	1.68	0.17	1.71	0.14	1.73	0.12	1.74	0.10	1.75	0.09	1.75	0.08
4.00	1.23	0.47	1.62	0.30	1.64	0.20	1.67	0.17	1.70	0.14	1.72	0.12	1.72	0.10	1.73	0.09	1.74	0.08
8.00	1.22	0.36	1.50	0.25	1.53	0.17	1.56	0.14	1.58	0.11	1.60	0.10	1.61	0.08	1.62	0.07	1.63	0.07
10.00	1.21	0.33	1.45	0.23	1.48	0.15	1.51	0.13	1.53	0.10	1.55	0.09	1.56	0.08	1.57	0.07	1.58	0.06
12.00	1.20	0.30	1.40	0.22	1.44	0.14	1.47	0.12	1.49	0.10	1.51	0.08	1.52	0.07	1.52	0.07	1.53	0.06
15.00	1.17	0.28	1.34	0.20	1.38	0.13	1.41	0.11	1.43	0.09	1.45	0.08	1.45	0.07	1.46	0.06	1.47	0.05
20.00	1.13	0.24	1.26	0.18	1.30	0.12	1.33	0.10	1.35	0.08	1.36	0.07	1.37	0.06	1.38	0.05	1.38	0.05
21.00	1.12	0.23	1.25	0.17	1.29	0.11	1.32	0.10	1.33	0.08	1.35	0.07	1.36	0.06	1.36	0.05	1.37	0.05
22.00	1.11	0.23	1.23	0.17	1.27	0.11	1.30	0.09	1.32	0.07	1.33	0.07	1.34	0.06	1.35	0.05	1.35	0.04
24.00	1.10	0.22	1.21	0.16	1.25	0.11	1.27	0.09	1.29	0.07	1.31	0.06	1.31	0.05	1.32	0.05	1.33	0.04
30.00	1.05	0.19	1.14	0.14	1.18	0.09	1.20	0.08	1.22	0.06	1.23	0.05	1.24	0.05	1.25	0.04	1.25	0.04
40.00	0.99	0.16	1.07	0.12	1.10	0.08	1.13	0.06	1.14	0.05	1.16	0.05	1.16	0.04	1.17	0.04	1.17	0.03
44.00	0.97	0.15	1.04	0.11	1.08	0.07	1.10	0.06	1.12	0.05	1.13	0.04	1.14	0.04	1.14	0.03	1.15	0.03
110	0.73	0.07	0.79	0.05	0.82	0.04	0.84	0.03	0.85	0.02	0.86	0.02	0.86	0.02	0.87	0.02	0.87	0.01
150	0.66	0.06	0.71	0.05	0.73	0.03	0.75	0.03	0.76	0.02	0.77	0.02	0.77	0.02	0.77	0.01	0.78	0.01
220	0.57	0.05	0.61	0.04	0.63	0.03	0.64	0.02	0.65	0.02	0.66	0.02	0.66	0.01	0.67	0.01	0.67	0.01
885	0.31	0.03	0.33	0.02	0.35	0.01	0.35	0.01	0.36	0.01	0.36	0.01	0.36	0.01	0.37	0.01	0.37	0.01
1700	0.22	0.02	0.24	0.02	0.25	0.01	0.25	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.00	0.26	0.00
2200	0.19	0.02	0.21	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.23	0.01	0.23	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00
3600	0.14	0.01	0.15	0.01	0.16	0.01	0.16	0.01	0.16	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00
9000	0.07	0.01	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00
36000	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

ANCHO DADO	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.95	1.00
1.0	0.91	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▣ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.8m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 8m																		
Espesor de losa de 0.90 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
kg/cm <sup>3</sup>	372	-750	346	-1000	334	-1500	327	-1800	323	-2250	319	-2571	317	-3000	316	-3333	314	-3750
Coeficientes δ																		
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.08	1.00 *	1.19	1.00 *	1.26	1.00 *	1.36	1.00 *	1.44	1.00 *
0.10	1.01	0.97	1.07	0.85 ▣	1.36	0.56 ▣	1.71	0.40	1.80	0.31	1.88	0.28	1.87	0.24	1.92	0.21	1.90	0.19
0.50	1.06	0.87	1.44	0.59	1.66	0.35	1.82	0.30	1.81	0.24	1.83	0.21	1.83	0.18	1.84	0.16	1.85	0.14
0.65	1.08	0.84	1.50	0.55	1.68	0.33	1.81	0.28	1.80	0.23	1.81	0.20	1.82	0.17	1.83	0.15	1.84	0.14
1.20	1.12	0.75	1.61	0.45	1.71	0.29	1.77	0.25	1.77	0.20	1.78	0.17	1.79	0.15	1.80	0.13	1.81	0.12
1.30	1.13	0.74	1.62	0.44	1.72	0.29	1.76	0.24	1.76	0.19	1.78	0.17	1.79	0.15	1.80	0.13	1.81	0.12
1.50	1.14	0.72	1.64	0.43	1.72	0.28	1.75	0.23	1.75	0.19	1.77	0.16	1.78	0.14	1.79	0.13	1.80	0.11
3.60	1.21	0.55	1.66	0.34	1.68	0.23	1.71	0.19	1.73	0.15	1.75	0.13	1.76	0.11	1.77	0.10	1.78	0.09
4.00	1.21	0.53	1.66	0.33	1.67	0.22	1.70	0.18	1.73	0.15	1.75	0.13	1.75	0.11	1.76	0.10	1.77	0.09
8.00	1.23	0.41	1.57	0.27	1.59	0.18	1.62	0.15	1.64	0.12	1.66	0.11	1.67	0.09	1.68	0.08	1.69	0.07
10.00	1.23	0.38	1.52	0.26	1.55	0.17	1.58	0.14	1.60	0.11	1.62	0.10	1.63	0.09	1.64	0.08	1.65	0.07
12.00	1.22	0.35	1.48	0.24	1.51	0.16	1.55	0.14	1.57	0.11	1.58	0.09	1.59	0.08	1.60	0.07	1.61	0.07
15.00	1.20	0.32	1.43	0.23	1.46	0.15	1.49	0.13	1.52	0.10	1.53	0.09	1.54	0.08	1.55	0.07	1.56	0.06
20.00	1.17	0.28	1.35	0.20	1.39	0.14	1.42	0.11	1.44	0.09	1.46	0.08	1.46	0.07	1.47	0.06	1.48	0.05
21.00	1.17	0.28	1.34	0.20	1.38	0.13	1.41	0.11	1.43	0.09	1.44	0.08	1.45	0.07	1.46	0.06	1.47	0.05
22.00	1.16	0.27	1.33	0.19	1.37	0.13	1.40	0.11	1.41	0.09	1.43	0.08	1.44	0.06	1.45	0.06	1.45	0.05
24.00	1.15	0.26	1.30	0.19	1.34	0.13	1.37	0.10	1.39	0.08	1.41	0.07	1.41	0.06	1.42	0.06	1.43	0.05
30.00	1.11	0.23	1.24	0.17	1.28	0.11	1.30	0.09	1.32	0.08	1.34	0.07	1.34	0.06	1.35	0.05	1.36	0.05
40.00	1.06	0.20	1.15	0.14	1.19	0.10	1.21	0.08	1.23	0.06	1.24	0.06	1.25	0.05	1.26	0.04	1.26	0.04
44.00	1.04	0.18	1.12	0.14	1.16	0.09	1.18	0.08	1.20	0.06	1.21	0.05	1.22	0.05	1.23	0.04	1.23	0.04
110	0.81	0.09	0.88	0.07	0.91	0.04	0.93	0.04	0.94	0.03	0.95	0.03	0.96	0.02	0.96	0.02	0.96	0.02
150	0.73	0.07	0.79	0.05	0.82	0.04	0.83	0.03	0.85	0.02	0.86	0.02	0.86	0.02	0.86	0.02	0.87	0.01
220	0.64	0.06	0.68	0.04	0.71	0.03	0.72	0.02	0.73	0.02	0.74	0.02	0.75	0.01	0.75	0.01	0.75	0.01
885	0.35	0.03	0.38	0.02	0.39	0.02	0.40	0.01	0.40	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01
1700	0.25	0.02	0.27	0.02	0.28	0.01	0.29	0.01	0.29	0.01	0.29	0.01	0.29	0.01	0.30	0.01	0.30	0.00
2200	0.22	0.02	0.23	0.01	0.24	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.26	0.00	0.26	0.00	0.26	0.00
3600	0.16	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.19	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00
9000	0.08	0.01	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
36000	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

ANCHO DADO	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.95	1.00
1.0	0.90	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▣ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.9m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 10m																		
Espesor de losa de 0.60 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
	456	-1000	421	-1333	405	-2000	396	-2400	391	-3000	387	-3428	384	-4000	381	-4444	380	-5000
ka/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *
0.10	1.10	0.82	1.61	0.51	1.79	0.32	1.92	0.27	1.91	0.21	1.92	0.19	1.94	0.16	1.95	0.14	1.96	0.13
0.50	1.24	0.53	1.76	0.32	1.78	0.22	1.82	0.18	1.85	0.15	1.86	0.13	1.88	0.11	1.89	0.10	1.90	0.09
0.65	1.26	0.48	1.74	0.30	1.76	0.20	1.80	0.17	1.82	0.14	1.84	0.12	1.85	0.10	1.87	0.09	1.87	0.08
1.20	1.27	0.38	1.64	0.25	1.67	0.17	1.71	0.14	1.73	0.11	1.75	0.10	1.76	0.09	1.77	0.08	1.78	0.07
1.30	1.27	0.37	1.62	0.25	1.65	0.17	1.69	0.14	1.71	0.11	1.73	0.10	1.75	0.08	1.76	0.08	1.76	0.07
1.50	1.27	0.34	1.59	0.24	1.62	0.16	1.66	0.13	1.68	0.11	1.70	0.09	1.71	0.08	1.72	0.07	1.73	0.06
3.60	1.19	0.23	1.35	0.17	1.40	0.11	1.43	0.09	1.45	0.08	1.46	0.07	1.47	0.06	1.48	0.05	1.49	0.05
4.00	1.17	0.22	1.32	0.16	1.36	0.11	1.39	0.09	1.42	0.07	1.43	0.06	1.44	0.05	1.45	0.05	1.46	0.04
8.00	1.03	0.14	1.12	0.10	1.16	0.07	1.18	0.06	1.20	0.05	1.21	0.04	1.22	0.03	1.23	0.03	1.24	0.03
10.00	0.98	0.12	1.06	0.09	1.10	0.06	1.12	0.05	1.14	0.04	1.15	0.03	1.16	0.03	1.17	0.03	1.17	0.02
12.00	0.93	0.10	1.01	0.08	1.05	0.05	1.07	0.04	1.09	0.03	1.10	0.03	1.11	0.03	1.11	0.02	1.12	0.02
15.00	0.87	0.09	0.95	0.06	0.98	0.04	1.01	0.04	1.02	0.03	1.03	0.02	1.04	0.02	1.04	0.02	1.05	0.02
20.00	0.80	0.07	0.87	0.05	0.90	0.04	0.92	0.03	0.94	0.02	0.94	0.02	0.95	0.02	0.96	0.02	0.96	0.01
21.00	0.79	0.07	0.86	0.05	0.89	0.04	0.91	0.03	0.92	0.02	0.93	0.02	0.94	0.02	0.94	0.02	0.95	0.01
22.00	0.78	0.07	0.84	0.05	0.88	0.03	0.89	0.03	0.91	0.02	0.92	0.02	0.92	0.02	0.93	0.02	0.93	0.01
24.00	0.76	0.07	0.82	0.05	0.85	0.03	0.87	0.03	0.88	0.02	0.89	0.02	0.90	0.02	0.90	0.02	0.91	0.01
30.00	0.70	0.06	0.76	0.05	0.79	0.03	0.81	0.03	0.82	0.02	0.83	0.02	0.83	0.02	0.84	0.01	0.84	0.01
40.00	0.64	0.06	0.69	0.04	0.72	0.03	0.73	0.02	0.74	0.02	0.75	0.02	0.76	0.01	0.76	0.01	0.76	0.01
44.00	0.62	0.05	0.67	0.04	0.69	0.03	0.71	0.02	0.72	0.02	0.73	0.02	0.73	0.01	0.74	0.01	0.74	0.01
110	0.44	0.04	0.48	0.03	0.50	0.02	0.51	0.02	0.52	0.01	0.52	0.01	0.53	0.01	0.53	0.01	0.53	0.01
150	0.39	0.04	0.43	0.03	0.44	0.02	0.45	0.02	0.46	0.01	0.46	0.01	0.47	0.01	0.47	0.01	0.47	0.01
220	0.34	0.03	0.37	0.02	0.38	0.02	0.39	0.01	0.40	0.01	0.40	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01	0.41	0.01
885	0.19	0.02	0.21	0.01	0.21	0.01	0.22	0.01	0.22	0.01	0.22	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00
1700	0.14	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00
2200	0.12	0.01	0.13	0.01	0.13	0.01	0.13	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00
3600	0.09	0.01	0.09	0.01	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
9000	0.04	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00
36000	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00

ANCHO DADO (m)	FACTOR	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E0.6m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 10m																		
Espesor de losa de 0.70 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
	456	-1000	421	-1333	405	-2000	396	-2400	391	-3000	387	-3428	384	-4000	381	-4444	380	-5000
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *
0.10	1.07	0.87	1.48	0.58	1.74	0.35	1.94	0.29	1.93	0.24	1.95	0.21	1.95	0.18	1.96	0.16	1.97	0.13
0.50	1.21	0.62	1.77	0.37	1.81	0.25	1.84	0.21	1.87	0.16	1.89	0.14	1.90	0.12	1.91	0.11	1.92	0.10
0.65	1.23	0.57	1.77	0.34	1.80	0.23	1.83	0.19	1.86	0.15	1.88	0.13	1.89	0.12	1.90	0.10	1.91	0.09
1.20	1.27	0.45	1.72	0.29	1.74	0.20	1.78	0.16	1.80	0.13	1.82	0.11	1.83	0.10	1.85	0.09	1.85	0.08
1.30	1.27	0.44	1.70	0.28	1.73	0.19	1.77	0.16	1.79	0.13	1.81	0.11	1.82	0.10	1.83	0.09	1.84	0.08
1.50	1.27	0.41	1.68	0.27	1.70	0.18	1.74	0.15	1.77	0.12	1.79	0.11	1.80	0.09	1.81	0.08	1.82	0.07
3.60	1.24	0.29	1.48	0.21	1.52	0.14	1.56	0.11	1.58	0.09	1.60	0.08	1.61	0.07	1.62	0.06	1.62	0.05
4.00	1.23	0.27	1.45	0.20	1.49	0.13	1.53	0.11	1.55	0.09	1.57	0.08	1.58	0.07	1.59	0.06	1.59	0.05
8.00	1.12	0.19	1.24	0.14	1.29	0.09	1.32	0.08	1.33	0.06	1.35	0.05	1.36	0.05	1.37	0.04	1.37	0.04
10.00	1.08	0.16	1.17	0.12	1.22	0.08	1.24	0.07	1.26	0.05	1.27	0.05	1.28	0.04	1.29	0.04	1.30	0.03
12.00	1.04	0.14	1.12	0.11	1.17	0.07	1.19	0.06	1.21	0.05	1.22	0.04	1.23	0.04	1.24	0.03	1.25	0.03
15.00	0.99	0.10	1.07	0.09	1.11	0.06	1.13	0.05	1.15	0.04	1.16	0.03	1.17	0.03	1.18	0.03	1.18	0.02
20.00	0.91	0.10	0.99	0.07	1.03	0.05	1.05	0.04	1.07	0.03	1.08	0.03	1.08	0.02	1.09	0.02	1.10	0.02
21.00	0.90	0.09	0.98	0.07	1.01	0.05	1.04	0.04	1.05	0.03	1.06	0.03	1.07	0.02	1.08	0.02	1.08	0.02
22.00	0.89	0.09	0.96	0.07	1.00	0.04	1.02	0.04	1.04	0.03	1.05	0.03	1.06	0.02	1.06	0.02	1.07	0.02
24.00	0.87	0.08	0.94	0.06	0.97	0.04	1.00	0.04	1.01	0.03	1.02	0.02	1.03	0.02	1.04	0.02	1.04	0.02
30.00	0.81	0.07	0.88	0.06	0.91	0.04	0.93	0.03	0.94	0.02	0.95	0.02	0.96	0.02	0.97	0.02	0.97	0.01
40.00	0.74	0.06	0.80	0.05	0.83	0.03	0.85	0.03	0.86	0.02	0.87	0.02	0.88	0.02	0.88	0.01	0.88	0.01
44.00	0.71	0.06	0.77	0.05	0.80	0.03	0.82	0.03	0.83	0.02	0.84	0.02	0.85	0.02	0.85	0.01	0.86	0.01
110	0.51	0.05	0.56	0.03	0.58	0.02	0.59	0.02	0.60	0.02	0.61	0.01	0.61	0.01	0.61	0.01	0.62	0.01
150	0.46	0.04	0.50	0.03	0.52	0.02	0.53	0.02	0.53	0.01	0.54	0.01	0.54	0.01	0.55	0.01	0.55	0.01
220	0.40	0.04	0.43	0.03	0.45	0.02	0.46	0.02	0.46	0.01	0.47	0.01	0.47	0.01	0.47	0.01	0.48	0.01
885	0.22	0.02	0.24	0.01	0.25	0.01	0.25	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.00	0.26	0.00	0.27	0.00
1700	0.16	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.19	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00
2200	0.14	0.01	0.15	0.01	0.15	0.01	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.17	0.00
3600	0.10	0.01	0.11	0.01	0.11	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00
9000	0.05	0.00	0.05	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00	0.06	0.00
36000	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00

ANCHO DADO	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E0.7m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 10m																		
Espesor de losa de 0.80 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
	456	-1000	421	-1333	405	-2000	396	-2400	391	-3000	387	-3428	384	-4000	381	-4444	380	-5000
ka/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *
0.10	1.05	0.91	1.35	0.65	1.67	0.38	1.93	0.32	1.94	0.26	1.98	0.22	1.97	0.19	1.96	0.17	1.97	0.15
0.50	1.17	0.69	1.74	0.41	1.82	0.27	1.86	0.23	1.87	0.18	1.89	0.16	1.90	0.14	1.91	0.12	1.92	0.11
0.65	1.19	0.64	1.76	0.38	1.81	0.25	1.84	0.21	1.87	0.17	1.89	0.15	1.90	0.13	1.91	0.11	1.92	0.10
1.20	1.25	0.53	1.76	0.32	1.78	0.22	1.81	0.18	1.84	0.14	1.86	0.13	1.87	0.11	1.89	0.10	1.89	0.09
1.30	1.25	0.51	1.75	0.32	1.77	0.21	1.81	0.18	1.83	0.14	1.85	0.12	1.87	0.11	1.88	0.10	1.89	0.09
1.50	1.26	0.48	1.73	0.30	1.75	0.20	1.79	0.17	1.82	0.14	1.84	0.12	1.85	0.10	1.86	0.09	1.87	0.08
3.60	1.27	0.34	1.58	0.24	1.61	0.16	1.65	0.13	1.67	0.10	1.69	0.09	1.70	0.08	1.71	0.07	1.72	0.06
4.00	1.26	0.33	1.55	0.23	1.59	0.15	1.63	0.13	1.65	0.10	1.67	0.09	1.68	0.08	1.69	0.07	1.70	0.06
8.00	1.19	0.24	1.36	0.17	1.41	0.11	1.44	0.10	1.46	0.08	1.47	0.07	1.48	0.06	1.49	0.05	1.50	0.05
10.00	1.15	0.21	1.29	0.15	1.34	0.10	1.37	0.09	1.39	0.07	1.40	0.06	1.41	0.05	1.42	0.05	1.43	0.04
12.00	1.12	0.19	1.23	0.14	1.28	0.09	1.31	0.08	1.33	0.06	1.34	0.05	1.35	0.05	1.36	0.04	1.36	0.04
15.00	1.07	0.16	1.16	0.12	1.21	0.08	1.23	0.07	1.25	0.05	1.26	0.05	1.27	0.04	1.28	0.04	1.29	0.03
20.00	1.01	0.13	1.09	0.10	1.13	0.06	1.16	0.05	1.17	0.04	1.19	0.04	1.20	0.03	1.20	0.03	1.21	0.03
21.00	1.00	0.13	1.08	0.09	1.12	0.06	1.14	0.05	1.16	0.04	1.17	0.04	1.18	0.03	1.19	0.03	1.19	0.02
22.00	0.98	0.12	1.07	0.09	1.11	0.06	1.13	0.05	1.15	0.04	1.16	0.04	1.17	0.03	1.17	0.03	1.18	0.02
24.00	0.96	0.11	1.04	0.08	1.08	0.06	1.11	0.05	1.12	0.04	1.13	0.03	1.14	0.03	1.15	0.03	1.15	0.02
30.00	0.91	0.09	0.98	0.07	1.02	0.05	1.04	0.04	1.06	0.03	1.07	0.03	1.08	0.02	1.08	0.02	1.09	0.02
40.00	0.83	0.08	0.90	0.06	0.94	0.04	0.96	0.03	0.97	0.03	0.98	0.02	0.99	0.02	0.99	0.02	1.00	0.02
44.00	0.81	0.07	0.87	0.06	0.91	0.04	0.93	0.03	0.94	0.02	0.95	0.02	0.96	0.02	0.96	0.02	0.97	0.01
110	0.59	0.05	0.64	0.04	0.66	0.03	0.68	0.02	0.68	0.02	0.69	0.01	0.70	0.01	0.70	0.01	0.70	0.01
150	0.52	0.05	0.57	0.03	0.59	0.02	0.60	0.02	0.61	0.02	0.62	0.01	0.62	0.01	0.62	0.01	0.63	0.01
220	0.45	0.04	0.49	0.03	0.51	0.02	0.52	0.02	0.53	0.01	0.53	0.01	0.54	0.01	0.54	0.01	0.54	0.01
885	0.25	0.02	0.27	0.02	0.28	0.01	0.29	0.01	0.29	0.01	0.30	0.01	0.30	0.01	0.30	0.00	0.30	0.00
1700	0.18	0.02	0.20	0.01	0.20	0.01	0.21	0.01	0.21	0.01	0.21	0.00	0.22	0.00	0.22	0.00	0.22	0.00
2200	0.16	0.01	0.17	0.01	0.18	0.01	0.18	0.01	0.18	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00	0.19	0.00
3600	0.12	0.01	0.13	0.01	0.13	0.00	0.13	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00
9000	0.06	0.00	0.06	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00
36000	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

ANCHO DADO	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E0.8m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 10m																		
Espesor de losa de 0.90 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
	456	-1000	421	-1333	405	-2000	396	-2400	391	-3000	387	-3428	384	-4000	381	-4444	380	-5000
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *
0.10	1.04	0.93	1.24	0.72	1.59	0.42	1.91	0.34	1.95	0.27	1.99	0.24	1.99	0.20	1.98	0.18	1.98	0.16
0.50	1.14	0.75	1.69	0.45	1.81	0.29	1.88	0.25	1.89	0.20	1.90	0.17	1.92	0.15	1.93	0.13	1.94	0.12
0.65	1.16	0.71	1.73	0.42	1.82	0.27	1.87	0.23	1.87	0.18	1.89	0.16	1.90	0.14	1.92	0.12	1.92	0.11
1.20	1.22	0.59	1.77	0.35	1.80	0.24	1.83	0.20	1.86	0.16	1.88	0.14	1.89	0.12	1.91	0.11	1.91	0.10
1.30	1.22	0.58	1.77	0.35	1.80	0.23	1.83	0.19	1.86	0.16	1.88	0.14	1.89	0.12	1.90	0.10	1.91	0.09
1.50	1.24	0.55	1.76	0.33	1.79	0.22	1.82	0.19	1.85	0.15	1.87	0.13	1.88	0.11	1.89	0.10	1.90	0.09
3.60	1.27	0.39	1.65	0.26	1.68	0.18	1.72	0.15	1.74	0.12	1.76	0.10	1.77	0.09	1.78	0.08	1.79	0.07
4.00	1.27	0.38	1.63	0.25	1.66	0.17	1.70	0.14	1.72	0.11	1.74	0.10	1.75	0.09	1.76	0.08	1.77	0.07
8.00	1.23	0.28	1.46	0.20	1.50	0.13	1.53	0.11	1.56	0.09	1.57	0.08	1.58	0.07	1.59	0.06	1.60	0.05
10.00	1.20	0.25	1.39	0.18	1.44	0.12	1.47	0.10	1.49	0.08	1.51	0.07	1.52	0.06	1.53	0.05	1.53	0.05
12.00	1.18	0.23	1.34	0.17	1.38	0.11	1.41	0.09	1.43	0.07	1.45	0.06	1.46	0.06	1.47	0.05	1.48	0.04
15.00	1.14	0.20	1.27	0.15	1.31	0.10	1.34	0.08	1.36	0.07	1.38	0.06	1.39	0.05	1.39	0.04	1.40	0.04
20.00	1.08	0.17	1.18	0.12	1.22	0.08	1.25	0.07	1.27	0.06	1.28	0.05	1.29	0.04	1.30	0.04	1.30	0.03
21.00	1.07	0.16	1.16	0.12	1.21	0.08	1.23	0.07	1.25	0.05	1.26	0.05	1.27	0.04	1.28	0.04	1.29	0.03
22.00	1.06	0.16	1.15	0.12	1.19	0.08	1.22	0.06	1.24	0.05	1.25	0.05	1.26	0.04	1.27	0.03	1.27	0.03
24.00	1.04	0.15	1.13	0.11	1.17	0.07	1.20	0.06	1.21	0.05	1.23	0.04	1.24	0.04	1.24	0.03	1.25	0.03
30.00	0.99	0.12	1.07	0.09	1.11	0.06	1.14	0.05	1.15	0.04	1.16	0.04	1.17	0.03	1.18	0.03	1.19	0.02
40.00	0.92	0.10	0.99	0.07	1.03	0.05	1.05	0.04	1.07	0.03	1.08	0.03	1.09	0.02	1.09	0.02	1.10	0.02
44.00	0.89	0.09	0.96	0.07	1.00	0.05	1.02	0.04	1.04	0.03	1.05	0.03	1.06	0.02	1.06	0.02	1.07	0.02
110	0.66	0.06	0.71	0.04	0.74	0.03	0.76	0.02	0.77	0.02	0.78	0.02	0.78	0.01	0.79	0.01	0.79	0.01
150	0.59	0.05	0.64	0.04	0.66	0.03	0.67	0.02	0.68	0.02	0.69	0.01	0.70	0.01	0.70	0.01	0.70	0.01
220	0.51	0.04	0.55	0.03	0.57	0.02	0.58	0.02	0.59	0.01	0.60	0.01	0.60	0.01	0.60	0.01	0.61	0.01
885	0.28	0.02	0.31	0.02	0.32	0.01	0.32	0.01	0.33	0.01	0.33	0.01	0.34	0.01	0.34	0.01	0.34	0.00
1700	0.20	0.02	0.22	0.01	0.23	0.01	0.24	0.01	0.24	0.01	0.24	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.25	0.00
2200	0.18	0.01	0.19	0.01	0.20	0.01	0.20	0.01	0.21	0.00	0.21	0.00	0.21	0.00	0.21	0.00	0.21	0.00
3600	0.13	0.01	0.14	0.01	0.15	0.01	0.15	0.00	0.15	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00	0.16	0.00
9000	0.07	0.00	0.07	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00
36000	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

ANCHO DADO	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E0.9m - CV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS CON ESPACIAMIENTO DE 10m																		
Espesor de losa de 1.00 m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
	456	-1000	421	-1333	405	-2000	396	-2400	391	-3000	387	-3428	384	-4000	381	-4444	380	-5000
ka/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	1.00	1.00	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *	1.00	1.00 *
0.10	1.03	0.95	1.14	0.77	1.51	0.45	1.87	0.36	1.94	0.29	1.98	0.25	1.99	0.22	2.01	0.19	1.99	0.17
0.50	1.11	0.80	1.62	0.50	1.79	0.31	1.91	0.26	1.90	0.21	1.92	0.18	1.93	0.16	1.95	0.14	1.95	0.13
0.65	1.13	0.76	1.68	0.46	1.81	0.29	1.89	0.25	1.89	0.20	1.90	0.17	1.92	0.15	1.93	0.13	1.94	0.12
1.20	1.19	0.65	1.75	0.38	1.81	0.26	1.84	0.21	1.87	0.17	1.89	0.15	1.90	0.13	1.91	0.12	1.92	0.10
1.30	1.20	0.64	1.76	0.38	1.81	0.25	1.84	0.21	1.87	0.17	1.88	0.15	1.90	0.13	1.91	0.11	1.92	0.10
1.50	1.21	0.61	1.76	0.36	1.80	0.24	1.83	0.20	1.86	0.16	1.88	0.14	1.90	0.12	1.91	0.11	1.92	0.10
3.60	1.27	0.44	1.70	0.29	1.72	0.19	1.76	0.16	1.79	0.13	1.81	0.11	1.82	0.10	1.83	0.09	1.84	0.08
4.00	1.27	0.43	1.69	0.28	1.71	0.19	1.75	0.16	1.77	0.12	1.79	0.11	1.81	0.09	1.82	0.08	1.83	0.07
8.00	1.25	0.32	1.54	0.22	1.58	0.15	1.61	0.12	1.63	0.10	1.65	0.09	1.66	0.07	1.67	0.07	1.68	0.06
10.00	1.24	0.29	1.48	0.21	1.52	0.14	1.55	0.11	1.58	0.09	1.59	0.08	1.60	0.07	1.61	0.06	1.62	0.05
12.00	1.22	0.27	1.42	0.19	1.47	0.13	1.50	0.11	1.52	0.08	1.54	0.07	1.55	0.06	1.56	0.06	1.57	0.05
15.00	1.19	0.24	1.36	0.17	1.40	0.12	1.44	0.10	1.46	0.08	1.47	0.07	1.48	0.06	1.49	0.05	1.50	0.05
20.00	1.14	0.20	1.27	0.15	1.31	0.10	1.34	0.08	1.36	0.07	1.38	0.06	1.39	0.05	1.40	0.04	1.40	0.04
21.00	1.13	0.20	1.25	0.14	1.30	0.10	1.33	0.08	1.35	0.06	1.36	0.06	1.37	0.05	1.38	0.04	1.39	0.04
22.00	1.12	0.19	1.24	0.14	1.28	0.09	1.31	0.08	1.33	0.06	1.35	0.05	1.36	0.05	1.36	0.04	1.37	0.04
24.00	1.10	0.18	1.21	0.13	1.26	0.09	1.28	0.07	1.30	0.06	1.32	0.05	1.33	0.04	1.33	0.04	1.34	0.04
30.00	1.06	0.16	1.14	0.12	1.19	0.08	1.21	0.06	1.23	0.05	1.24	0.04	1.25	0.04	1.26	0.03	1.27	0.03
40.00	0.99	0.13	1.07	0.09	1.11	0.06	1.14	0.05	1.15	0.04	1.16	0.04	1.17	0.03	1.18	0.03	1.19	0.02
44.00	0.96	0.12	1.04	0.09	1.08	0.06	1.11	0.05	1.12	0.04	1.14	0.03	1.14	0.03	1.15	0.03	1.16	0.02
110	0.73	0.06	0.79	0.05	0.82	0.03	0.84	0.03	0.85	0.02	0.86	0.02	0.86	0.02	0.87	0.01	0.87	0.01
150	0.65	0.06	0.70	0.04	0.73	0.03	0.75	0.02	0.76	0.02	0.77	0.02	0.77	0.01	0.78	0.01	0.78	0.01
220	0.56	0.05	0.61	0.04	0.63	0.02	0.65	0.02	0.66	0.02	0.66	0.01	0.67	0.01	0.67	0.01	0.67	0.01
885	0.31	0.03	0.34	0.02	0.35	0.01	0.36	0.01	0.36	0.01	0.37	0.01	0.37	0.01	0.37	0.01	0.37	0.01
1700	0.23	0.02	0.25	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.26	0.01	0.27	0.01	0.27	0.00	0.27	0.00	0.27	0.00
2200	0.20	0.02	0.21	0.01	0.22	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.00	0.23	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00
3600	0.15	0.01	0.16	0.01	0.17	0.01	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.18	0.00	0.18	0.00
9000	0.08	0.01	0.08	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00	0.09	0.00
36000	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00

ANCHO DADO	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX+</sub>	M <sub>MÁX-</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.00

\* Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas interiores iguales y cargas exteriores al 90% de las interiores.

▪ Únicamente se presentan momentos positivos en las columnas de los extremos, el resto de la zapata presenta momentos negativos. Caso de cargas homogéneas.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E1.0m - CV**  
(Tonf-m)

**ZAPATAS CORRIDAS SIN CONTRATRABES**  
**SIN VOLADOS EN LOS EXTREMOS DE LA LOSA**

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 6m																		
Espesor de losa de 0.40m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3500	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5043	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6567	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7400
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.07	0.00	1.05	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.01	0.00	1.01
0.10	0.00	1.04	0.00	0.82	0.00	0.47	3182	0.38	4196	0.31	5271	0.27	4955	0.23	4774	0.21	4773	0.18
0.50	0.00	0.95	451	0.55	2875	0.35	4972	0.29	4629	0.23	4592	0.20	4603	0.17	4603	0.16	4603	0.14
0.65	0.00	0.92	1394	0.51	3272	0.33	4848	0.28	4531	0.22	4530	0.19	4536	0.17	4535	0.15	4535	0.13
1.20	0.00	0.82	3106	0.44	3867	0.29	4413	0.24	4262	0.19	4275	0.17	4275	0.14	4275	0.13	4275	0.12
1.30	0.00	0.80	3271	0.43	3914	0.29	4355	0.24	4225	0.19	4237	0.17	4237	0.14	4237	0.13	4237	0.11
1.50	0.00	0.77	3530	0.42	3983	0.28	4253	0.23	4159	0.18	4169	0.16	4168	0.14	4168	0.12	4168	0.11
3.60	0.00	0.54	4188	0.34	4008	0.22	4016	0.18	4016	0.15	4016	0.13	4016	0.11	4016	0.10	4016	0.09
4.00	0.00	0.51	4194	0.33	3975	0.22	3987	0.18	3986	0.14	3987	0.12	3987	0.11	3987	0.10	3987	0.08
8.00	0.00	0.37	3817	0.27	3567	0.18	3574	0.15	3573	0.12	3573	0.10	3573	0.09	3573	0.08	3573	0.07
10.00	0.00	0.34	3586	0.25	3382	0.17	3385	0.14	3385	0.11	3385	0.10	3385	0.08	3385	0.07	3385	0.07
12.00	0.00	0.32	3380	0.24	3216	0.16	3217	0.13	3217	0.10	3217	0.09	3217	0.08	3217	0.07	3217	0.06
15.00	0.00	0.30	3119	0.23	3001	0.15	3002	0.12	3002	0.10	3002	0.08	3002	0.07	3002	0.07	3002	0.06
20.00	0.00	0.28	2791	0.21	2723	0.14	2722	0.11	2722	0.09	2722	0.08	2722	0.07	2722	0.06	2722	0.05
21.00	0.00	0.27	2737	0.21	2676	0.13	2676	0.11	2676	0.09	2676	0.08	2676	0.07	2676	0.06	2676	0.05
22.00	0.00	0.27	2687	0.20	2632	0.13	2632	0.11	2632	0.09	2632	0.08	2632	0.07	2632	0.06	2632	0.05
24.00	0.00	0.26	2595	0.20	2552	0.13	2551	0.11	2551	0.09	2551	0.07	2551	0.06	2551	0.06	2551	0.05
30.00	0.00	0.25	2374	0.19	2353	0.12	2353	0.10	2353	0.08	2353	0.07	2353	0.06	2353	0.05	2353	0.05
40.00	0.00	0.23	2122	0.17	2119	0.11	2119	0.09	2119	0.07	2119	0.07	2119	0.06	2119	0.05	2119	0.04
44.00	0.00	0.23	2047	0.17	2047	0.11	2047	0.09	2047	0.07	2047	0.06	2047	0.05	2047	0.05	2047	0.04
110	163	0.18	1485	0.13	1489	0.09	1492	0.07	1492	0.06	1492	0.05	1492	0.04	1492	0.04	1492	0.03
150	165	0.17	1336	0.12	1338	0.08	1339	0.07	1339	0.05	1339	0.05	1339	0.04	1339	0.04	1339	0.03
220	129	0.15	1166	0.11	1167	0.07	1167	0.06	1167	0.05	1167	0.04	1167	0.04	1167	0.03	1167	0.03
885	36	0.10	664	0.07	664	0.05	664	0.04	664	0.03	664	0.03	664	0.02	664	0.02	664	0.02
1700	24	0.08	485	0.06	485	0.04	485	0.03	485	0.03	485	0.02	485	0.02	485	0.02	485	0.02
2200	18	0.07	423	0.05	423	0.03	423	0.03	423	0.02	423	0.02	423	0.02	423	0.02	423	0.01
3600	12	0.06	318	0.05	318	0.03	318	0.03	318	0.02	318	0.02	318	0.02	318	0.01	318	0.01
9000	0.00	0.05	166	0.04	166	0.02	166	0.02	166	0.02	166	0.01	166	0.01	166	0.01	166	0.01
36000	0.00	0.03	41	0.02	41	0.01	41	0.01	41	0.01	41	0.01	41	0.01	41	0.01	41	0.00

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.95	1.04
0.8	0.90	1.02

Para k: 0.5 - 29 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

30-3600 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.4m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 6.00m																		
Espesor de losa de 0.50m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3500	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5043	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6567	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7400
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.07	0.00	1.05	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.01	0.00	1.01
0.10	0.00	1.06	0.00	0.91	0.00	0.54	518	0.42	2822	0.33	4905	0.29	5101	0.25	5200	0.23	4869	0.20
0.50	0.00	1.01	0.00	0.66	1386	0.40	4788	0.33	4770	0.26	4650	0.23	4558	0.20	4566	0.18	4566	0.16
0.65	0.00	0.99	0.00	0.61	2053	0.38	4968	0.32	4751	0.25	4613	0.22	4626	0.19	4630	0.17	4630	0.15
1.20	0.00	0.93	1192	0.52	3186	0.34	4872	0.28	4547	0.22	4541	0.20	4548	0.17	4547	0.15	4547	0.13
1.30	0.00	0.91	1465	0.51	3295	0.33	4826	0.28	4516	0.22	4516	0.19	4522	0.16	4521	0.15	4521	0.13
1.50	0.00	0.89	1923	0.49	3468	0.32	4733	0.27	4457	0.21	4465	0.19	4468	0.16	4468	0.14	4468	0.13
3.60	0.00	0.72	3803	0.40	4032	0.27	4108	0.22	4057	0.17	4062	0.15	4062	0.13	4062	0.12	4062	0.10
4.00	0.00	0.69	3917	0.39	4048	0.26	4042	0.21	4018	0.17	4018	0.15	4018	0.13	4018	0.11	4018	0.10
8.00	0.00	0.50	4159	0.33	3943	0.21	3954	0.18	3954	0.14	3954	0.12	3954	0.11	3954	0.09	3954	0.08
10.00	0.00	0.45	4104	0.31	3835	0.20	3849	0.17	3848	0.13	3848	0.12	3848	0.10	3848	0.09	3848	0.08
12.00	0.00	0.41	4000	0.29	3719	0.19	3731	0.16	3730	0.13	3730	0.11	3730	0.09	3730	0.08	3730	0.07
15.00	0.00	0.38	3819	0.27	3568	0.18	3575	0.15	3574	0.12	3574	0.10	3574	0.09	3574	0.08	3574	0.07
20.00	0.00	0.34	3524	0.25	3330	0.16	3333	0.14	3333	0.11	3333	0.09	3333	0.08	3333	0.07	3333	0.06
21.00	0.00	0.33	3469	0.25	3286	0.16	3288	0.13	3288	0.11	3288	0.09	3288	0.08	3288	0.07	3288	0.06
22.00	0.00	0.33	3417	0.24	3243	0.16	3245	0.13	3245	0.11	3245	0.09	3245	0.08	3245	0.07	3245	0.06
24.00	0.00	0.32	3317	0.24	3161	0.16	3163	0.13	3163	0.10	3163	0.09	3163	0.08	3163	0.07	3163	0.06
30.00	0.00	0.30	3058	0.22	2946	0.15	2946	0.12	2947	0.10	2947	0.08	2947	0.07	2947	0.06	2947	0.06
40.00	0.00	0.27	2732	0.21	2668	0.13	2668	0.11	2668	0.09	2668	0.08	2668	0.07	2668	0.06	2668	0.05
44.00	0.00	0.27	2630	0.20	2578	0.13	2578	0.11	2578	0.09	2578	0.08	2578	0.06	2578	0.06	2578	0.05
110	0.00	0.21	1837	0.16	1841	0.10	1841	0.09	1841	0.07	1841	0.06	1841	0.05	1841	0.05	1841	0.04
150	65	0.19	1642	0.14	1647	0.09	1650	0.08	1650	0.06	1650	0.05	1650	0.05	1650	0.04	1650	0.04
220	138	0.18	1434	0.13	1437	0.09	1439	0.07	1439	0.06	1439	0.05	1439	0.04	1439	0.04	1439	0.03
885	44	0.12	831	0.09	831	0.06	831	0.05	831	0.04	831	0.03	831	0.03	831	0.03	831	0.02
1700	24	0.10	612	0.07	612	0.05	612	0.04	612	0.03	612	0.03	612	0.02	612	0.02	612	0.02
2200	20	0.09	536	0.07	536	0.04	536	0.04	536	0.03	536	0.03	536	0.02	536	0.02	536	0.02
3600	11	0.07	406	0.06	406	0.04	406	0.03	406	0.02	406	0.02	406	0.02	406	0.02	406	0.01
9000	2	0.06	217	0.04	217	0.03	217	0.02	217	0.02	217	0.02	217	0.01	217	0.01	217	0.01
36000	0.00	0.03	56	0.02	56	0.02	56	0.01	56	0.01	56	0.01	56	0.01	56	0.01	56	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.95	1.04
0.8	0.90	1.02

Para k: 0.5 - 110 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

111-3600 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalene al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.5m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 6.00m																		
Espesor de losa de 0.60m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 1.0	M <sub>MÁX -</sub> -1400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3500	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5043	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6567	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7400
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.07	0.00	1.05	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.01	0.00	1.01
0.10	0.00	1.06	0.00	0.97	0.00	0.67	0.00	0.46	766	0.36	3905	0.31	4592	0.27	5507	0.24	5276	0.21
0.50	0.00	1.03	0.00	0.76	140	0.44	4109	0.36	4542	0.29	5060	0.25	4729	0.22	4666	0.19	4681	0.17
0.65	0.00	1.02	0.00	0.71	522	0.42	4502	0.35	4691	0.28	4863	0.24	4590	0.21	4571	0.19	4584	0.16
1.20	0.00	0.98	57	0.60	2196	0.37	4978	0.31	4731	0.25	4610	0.22	4624	0.19	4627	0.17	4627	0.15
1.30	0.00	0.97	80	0.59	2368	0.37	4991	0.31	4709	0.25	4609	0.21	4624	0.18	4626	0.16	4625	0.15
1.50	0.00	0.96	119	0.57	2650	0.36	4984	0.30	4662	0.24	4598	0.21	4608	0.18	4609	0.16	4609	0.14
3.60	0.00	0.84	2805	0.45	3761	0.30	4484	0.25	4302	0.20	4315	0.17	4315	0.15	4315	0.13	4315	0.12
4.00	0.00	0.82	3043	0.44	3833	0.29	4406	0.24	4253	0.19	4265	0.17	4265	0.14	4265	0.13	4265	0.12
8.00	0.00	0.65	4008	0.37	4034	0.25	4016	0.21	4018	0.16	4018	0.14	4018	0.12	4018	0.11	4018	0.10
10.00	0.00	0.59	4108	0.35	4005	0.23	4005	0.19	4005	0.15	4005	0.13	4005	0.11	4005	0.10	4005	0.09
12.00	0.00	0.54	4124	0.34	3962	0.22	3968	0.18	3967	0.15	3967	0.13	3967	0.11	3967	0.10	3967	0.09
15.00	0.00	0.48	4107	0.32	3879	0.21	3891	0.17	3890	0.14	3890	0.12	3890	0.10	3890	0.09	3890	0.08
20.00	0.00	0.42	3981	0.29	3711	0.19	3723	0.16	3723	0.13	3723	0.11	3723	0.09	3723	0.08	3723	0.08
21.00	0.00	0.41	3948	0.29	3677	0.19	3689	0.16	3688	0.12	3688	0.11	3688	0.09	3688	0.08	3688	0.07
22.00	0.00	0.40	3913	0.29	3646	0.19	3655	0.15	3655	0.12	3655	0.11	3655	0.09	3655	0.08	3655	0.07
24.00	0.00	0.39	3843	0.28	3588	0.18	3595	0.15	3595	0.12	3595	0.10	3595	0.09	3595	0.08	3595	0.07
30.00	0.00	0.35	3631	0.26	3415	0.17	3420	0.14	3419	0.11	3419	0.10	3419	0.08	3419	0.08	3419	0.07
40.00	0.00	0.32	3316	0.24	3157	0.16	3159	0.13	3159	0.10	3159	0.09	3159	0.08	3159	0.07	3159	0.06
44.00	0.00	0.31	3207	0.23	3067	0.15	3068	0.13	3068	0.10	3068	0.09	3068	0.07	3068	0.07	3068	0.06
110	0.00	0.24	2230	0.18	2213	0.12	2213	0.10	2213	0.08	2213	0.07	2213	0.06	2213	0.05	2213	0.05
150	0.00	0.22	1971	0.17	1968	0.11	1968	0.09	1968	0.07	1968	0.06	1968	0.05	1968	0.05	1968	0.04
220	0.00	0.20	1702	0.15	1705	0.10	1706	0.08	1706	0.06	1706	0.06	1706	0.05	1706	0.04	1706	0.04
885	7.82	0.14	990	0.10	990	0.07	991	0.05	991	0.04	991	0.04	991	0.03	991	0.03	991	0.03
1700	3.03	0.11	734	0.08	734	0.06	734	0.05	734	0.04	734	0.03	734	0.03	734	0.02	734	0.02
2200	2.13	0.11	645	0.08	645	0.05	645	0.04	645	0.03	645	0.03	645	0.03	645	0.02	645	0.02
3600	1.12	0.09	491	0.07	491	0.04	491	0.04	491	0.03	491	0.02	491	0.02	491	0.02	491	0.02
9000	0.17	0.06	267	0.05	267	0.03	267	0.03	267	0.02	267	0.02	267	0.02	267	0.01	267	0.01
36000	0.00	0.04	72	0.03	72	0.02	72	0.01	72	0.01	72	0.01	72	0.01	72	0.01	72	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.95	1.04
0.8	0.90	1.02

Para k: 1.20-110 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

111-3600 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalene al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.6m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 6.00m																		
Espesor de losa de 0.70m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3500	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5043	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6567	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7400
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.07	0.00	1.05	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.01	0.00	1.01
0.10	0.00	1.07	0.00	1.00	0.00	0.77	0.00	0.51	0.00	0.38	2300	0.33	3743	0.28	5216	0.25	5389	0.23
0.50	0.00	1.05	0.00	0.83	0.00	0.48	2955	0.39	4090	0.31	5270	0.27	4983	0.23	4782	0.21	4768	0.18
0.65	0.00	1.04	0.00	0.79	88.15	0.45	3680	0.37	4390	0.30	5179	0.26	4836	0.22	4724	0.20	4734	0.18
1.20	0.00	1.01	0.00	0.68	988	0.41	4646	0.34	4737	0.27	4743	0.24	4513	0.20	4510	0.18	4520	0.16
1.30	0.00	1.01	0.00	0.67	1222	0.40	4707	0.33	4751	0.27	4683	0.23	4520	0.20	4530	0.18	4530	0.16
1.50	0.00	1.00	0.00	0.64	1613	0.39	4847	0.33	4758	0.26	4581	0.23	4578	0.19	4585	0.17	4584	0.15
3.60	0.00	0.91	1470	0.51	3284	0.33	4799	0.28	4497	0.22	4497	0.19	4502	0.16	4502	0.15	4502	0.13
4.00	0.00	0.90	1807	0.49	3411	0.33	4732	0.27	4453	0.22	4460	0.19	4463	0.16	4463	0.14	4463	0.13
8.00	0.00	0.77	3452	0.42	3932	0.28	4228	0.23	4134	0.18	4143	0.16	4142	0.14	4142	0.12	4142	0.11
10.00	0.00	0.71	3760	0.40	3994	0.26	4078	0.22	4028	0.17	4033	0.15	4033	0.13	4033	0.12	4033	0.10
12.00	0.00	0.67	3932	0.38	4010	0.25	3986	0.21	3989	0.17	3943	0.14	3989	0.12	3989	0.11	3989	0.10
15.00	0.00	0.60	4054	0.36	3990	0.24	3985	0.20	3986	0.16	3986	0.14	3986	0.12	3986	0.10	3986	0.09
20.00	0.00	0.52	4077	0.33	3916	0.22	3922	0.18	3922	0.14	3922	0.13	3922	0.11	3922	0.10	3922	0.09
21.00	0.00	0.51	4072	0.33	3899	0.22	3907	0.18	3906	0.14	3906	0.12	3906	0.11	3906	0.10	3906	0.08
22.00	0.00	0.50	4071	0.32	3880	0.21	3890	0.18	3889	0.14	3889	0.12	3889	0.10	3889	0.09	3889	0.08
24.00	0.00	0.48	4057	0.32	3841	0.21	3852	0.17	3852	0.14	3852	0.12	3852	0.10	3852	0.09	3852	0.08
30.00	0.00	0.43	3965	0.30	3713	0.19	3724	0.16	3724	0.13	3724	0.11	3724	0.10	3724	0.09	3724	0.08
40.00	0.00	0.38	3750	0.27	3511	0.18	3518	0.15	3518	0.12	3518	0.10	3518	0.09	3518	0.08	3518	0.07
44.00	0.00	0.36	3660	0.27	3437	0.17	3443	0.14	3443	0.11	3443	0.10	3443	0.09	3443	0.08	3443	0.07
110	0.00	0.27	2647	0.20	2584	0.13	2584	0.11	2584	0.09	2584	0.08	2584	0.07	2584	0.06	2584	0.05
150	0.00	0.25	2330	0.19	2300	0.12	2300	0.10	2300	0.08	2300	0.07	2300	0.06	2300	0.05	2300	0.05
220	0.00	0.23	1992	0.17	1985	0.11	1985	0.09	1985	0.07	1985	0.06	1985	0.05	1985	0.05	1985	0.04
885	84.31	0.15	1144	0.11	1145	0.07	1145	0.06	1145	0.05	1145	0.04	1145	0.04	1145	0.03	1145	0.03
1700	47.76	0.13	853	0.09	853	0.06	853	0.05	853	0.04	853	0.03	853	0.03	853	0.03	853	0.02
2200	32.45	0.12	750	0.09	750	0.06	750	0.05	750	0.04	750	0.03	750	0.03	750	0.03	750	0.02
3600	12.89	0.10	575	0.07	575	0.05	575	0.04	575	0.03	575	0.03	575	0.02	575	0.02	575	0.02
9000	1.30	0.07	317	0.05	317	0.03	317	0.03	317	0.02	317	0.02	317	0.02	317	0.02	317	0.01
36000	0.00	0.04	89	0.03	89	0.02	89	0.02	89	0.01	89	0.01	89	0.01	89	0.01	89	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.95	1.04
0.8	0.90	1.02

Para k: 1.50-110 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

111-3600 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.7m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 6.00m																		
Espesor de losa de 0.80m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3500	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4400	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5043	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5900	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6567	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7400
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.07	0.00	1.05	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.01
0.10	0.00	1.07	0.00	1.01	0.00	0.84	0.00	0.61	0.00	0.40	213	0.34	2419	0.29	4438	0.27	5028	0.24
0.50	0.00	1.05	0.00	0.89	0.00	0.52	1440	0.41	3336	0.33	5130	0.29	5107	0.24	5013	0.22	4720	0.19
0.65	0.00	1.05	0.00	0.85	0.00	0.49	2483	0.39	3869	0.31	5262	0.28	5041	0.24	4801	0.21	4768	0.19
1.20	0.00	1.03	0.00	0.75	146	0.44	4114	0.36	4536	0.29	5041	0.25	4716	0.22	4655	0.19	4670	0.17
1.30	0.00	1.03	0.00	0.74	166	0.43	4250	0.36	4576	0.29	4984	0.25	4673	0.21	4627	0.19	4642	0.17
1.50	0.00	1.02	0.00	0.71	424	0.42	4451	0.35	4662	0.28	4875	0.24	4598	0.21	4575	0.19	4588	0.17
3.60	0.00	0.96	122	0.56	2652	0.36	4956	0.30	4642	0.24	4577	0.21	4590	0.18	4590	0.16	4590	0.14
4.00	0.00	0.95	418	0.55	2837	0.35	4929	0.29	4601	0.23	4562	0.20	4573	0.17	4572	0.16	4572	0.14
8.00	0.00	0.85	2604	0.46	3678	0.30	4510	0.25	4312	0.20	4325	0.18	4325	0.15	4325	0.13	4325	0.12
10.00	0.00	0.80	3102	0.44	3828	0.29	4344	0.24	4206	0.19	4218	0.17	4218	0.14	4217	0.13	4217	0.11
12.00	0.00	0.76	3429	0.42	3912	0.28	4212	0.23	4119	0.18	4128	0.16	4127	0.14	4127	0.12	4127	0.11
15.00	0.00	0.71	3729	0.39	3970	0.26	4061	0.22	4012	0.17	4016	0.15	4016	0.13	4016	0.12	4016	0.10
20.00	0.00	0.63	3963	0.37	3977	0.24	3963	0.20	3964	0.16	3964	0.14	3964	0.12	3964	0.11	3964	0.10
21.00	0.00	0.62	3987	0.36	3971	0.24	3961	0.20	3962	0.16	3962	0.14	3962	0.12	3962	0.11	3962	0.09
22.00	0.00	0.61	4005	0.36	3963	0.24	3956	0.20	3957	0.16	3957	0.14	3957	0.12	3957	0.10	3957	0.09
24.00	0.00	0.58	4028	0.35	3944	0.23	3942	0.19	3943	0.15	3943	0.13	3943	0.11	3943	0.10	3943	0.09
30.00	0.00	0.52	4029	0.33	3878	0.22	3883	0.18	3883	0.14	3883	0.13	3883	0.11	3883	0.10	3883	0.09
40.00	0.00	0.45	3965	0.31	3742	0.20	3753	0.17	3753	0.13	3753	0.12	3753	0.10	3753	0.09	3753	0.08
44.00	0.00	0.43	3918	0.30	3683	0.19	3694	0.16	3693	0.13	3693	0.11	3693	0.10	3693	0.09	3693	0.08
110	0.00	0.30	3043	0.23	2922	0.15	2923	0.12	2923	0.10	2923	0.09	2923	0.07	2923	0.07	2923	0.06
150	0.00	0.28	2695	0.21	2622	0.14	2622	0.11	2622	0.09	2622	0.08	2622	0.07	2622	0.06	2622	0.05
220	0.00	0.25	2299	-0.19	2268	0.12	2268	0.10	2268	0.08	2268	0.07	2268	0.06	2268	0.05	2268	0.05
885	33.57	0.17	1294	0.13	1295	0.08	1296	0.07	1296	0.05	1296	0.05	1296	0.04	1296	0.04	1296	0.03
1700	48.90	0.14	967	0.10	967	0.07	968	0.06	968	0.04	968	0.04	968	0.03	968	0.03	968	0.03
2200	38.22	0.13	853	0.09	853	0.06	853	0.05	853	0.04	853	0.04	853	0.03	853	0.03	853	0.02
3600	17.84	0.11	656	0.08	656	0.05	656	0.04	656	0.04	656	0.03	656	0.03	656	0.02	656	0.02
9000	1.25	0.08	366	0.06	366	0.04	366	0.03	366	0.03	366	0.02	366	0.02	366	0.02	366	0.02
36000	0.00	0.05	105	0.03	105	0.02	105	0.02	105	0.01	105	0.01	105	0.01	105	0.01	105	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.4	1.00	1.00
0.6	0.95	1.04
0.8	0.90	1.02

Para k: 3.60-219 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

220-3600 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos M<sub>u</sub>:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S6m - E0.8m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 8.00m																		
Espesor de losa de 0.50m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2517	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4650	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6707	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8739	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.08	0.00	1.07	0.00	1.05	0.00	1.04	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.01
0.10	0.00	1.04	0.00	0.75	0.00	0.43	5607	0.36	6068	0.29	6623	0.25	6195	0.21	6132	0.19	6152	0.17
0.50	0.00	0.90	2680	0.49	4664	0.32	6227	0.27	5870	0.21	5884	0.19	5888	0.16	5887	0.14	5887	0.13
0.65	0.00	0.85	3648	0.46	4990	0.30	5970	0.25	5715	0.20	5734	0.17	5734	0.15	5734	0.13	5734	0.12
1.20	0.00	0.71	5133	0.40	5377	0.26	5400	0.22	5344	0.17	5350	0.15	5349	0.13	5349	0.12	5349	0.10
1.30	0.00	0.69	5246	0.39	5392	0.26	5350	0.21	5299	0.17	5354	0.15	5300	0.13	5354	0.11	5354	0.10
1.50	0.00	0.66	5404	0.38	5400	0.25	5380	0.21	5382	0.16	5382	0.14	5382	0.12	5382	0.11	5382	0.10
3.60	0.00	0.43	5432	0.30	5030	0.20	5049	0.16	5048	0.13	5048	0.11	5048	0.10	5048	0.09	5048	0.08
4.00	0.00	0.41	5339	0.29	4944	0.19	4958	0.16	4958	0.12	4958	0.11	4958	0.09	4958	0.08	4958	0.07
8.00	0.00	0.32	4401	0.24	4197	0.16	4198	0.13	4198	0.10	4198	0.09	4198	0.08	4198	0.07	4198	0.06
10.00	0.00	0.30	4053	0.22	3910	0.15	3910	0.12	3910	0.10	3910	0.08	3910	0.07	3910	0.06	3910	0.06
12.00	0.00	0.28	3774	0.21	3675	0.14	3674	0.12	3674	0.09	3674	0.08	3674	0.07	3674	0.06	3674	0.05
15.00	0.00	0.27	3452	0.20	3394	0.13	3394	0.11	3394	0.09	3394	0.07	3394	0.06	3394	0.06	3394	0.05
20.00	0.00	0.25	3076	0.19	3056	0.12	3056	0.10	3056	0.08	3056	0.07	3056	0.06	3056	0.05	3056	0.05
21.00	0.00	0.25	3018	0.18	3002	0.12	3002	0.10	3002	0.08	3002	0.07	3002	0.06	3002	0.05	3002	0.05
22.00	0.00	0.24	2963	0.18	2952	0.12	2952	0.10	2952	0.08	2952	0.07	2952	0.06	2952	0.05	2952	0.05
24.00	0.00	0.24	2865	0.18	2860	0.12	2859	0.10	2859	0.08	2859	0.07	2859	0.06	2859	0.05	2859	0.05
30.00	0.00	0.22	2634	0.17	2638	0.11	2638	0.09	2638	0.07	2638	0.06	2638	0.05	2638	0.05	2638	0.04
40.00	35	0.21	2375	0.15	2384	0.10	2389	0.08	2389	0.07	2389	0.06	2389	0.05	2389	0.04	2389	0.04
44.00	92	0.21	2299	0.15	2307	0.10	2314	0.08	2314	0.07	2314	0.06	2314	0.05	2314	0.04	2314	0.04
110	208	0.16	1685	0.12	1687	0.08	1688	0.06	1688	0.05	1688	0.04	1688	0.04	1688	0.03	1688	0.03
150	160	0.15	1509	0.11	1509	0.07	1510	0.06	1510	0.05	1510	0.04	1510	0.04	1510	0.03	1510	0.03
220	97	0.14	1308	0.10	1308	0.07	1308	0.05	1308	0.04	1308	0.04	1308	0.03	1308	0.03	1308	0.03
885	40	0.09	717	0.07	717	0.04	717	0.04	717	0.03	717	0.03	717	0.02	717	0.02	717	0.02
1700	26	0.08	508	0.06	508	0.04	508	0.03	508	0.02	508	0.02	508	0.02	508	0.02	508	0.01
2200	21	0.07	436	0.05	436	0.04	436	0.03	436	0.02	436	0.02	436	0.02	436	0.02	436	0.01
3600	12	0.07	316	0.05	316	0.03	316	0.03	316	0.02	316	0.02	316	0.02	316	0.01	316	0.01
9000	2	0.05	151	0.04	151	0.02	151	0.02	151	0.02	151	0.01	151	0.01	151	0.01	151	0.01
36000	0	0.02	29	0.02	29	0.00	29	0.01	29	0.01	29	0.00	29	0.01	29	0.01	29	0.00

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.01

Para k: 0.5 - 19 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

20-885 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos **M<sub>u</sub>**:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.5m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 8.00m																		
Espesor de losa de 0.60m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2517	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4650	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6707	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8739	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.08	0.00	1.08	0.00	1.05	0.00	1.05	0.00	1.03	0.00	1.04	0.00	1.03	0.00	1.04	0.00	1.02
0.10	0.00	1.06	0.00	0.84	0.00	0.48	3849	0.39	5401	0.31	6985	0.27	6599	0.23	6324	0.21	6305	0.18
0.50	0.00	0.97	0.00	0.56	3608	0.36	6594	0.30	6149	0.24	6070	0.21	6087	0.18	6087	0.16	6086	0.14
0.65	0.00	0.94	1418	0.53	4177	0.34	6458	0.28	6017	0.23	6007	0.20	6016	0.17	6016	0.15	6016	0.13
1.20	0.00	0.84	3847	0.45	5045	0.30	5897	0.25	5668	0.20	5687	0.17	5687	0.15	5686	0.13	5686	0.12
1.30	0.00	0.82	4087	0.44	5117	0.29	5818	0.24	5620	0.19	5637	0.17	5636	0.14	5636	0.13	5636	0.12
1.50	0.00	0.79	4469	0.43	5222	0.29	5680	0.24	5532	0.19	5546	0.16	5545	0.14	5545	0.13	5545	0.11
3.60	0.00	0.56	5541	0.35	5323	0.23	5329	0.19	5329	0.15	5329	0.13	5329	0.11	5329	0.10	5329	0.09
4.00	0.00	0.53	5542	0.34	5289	0.22	5302	0.18	5301	0.15	5301	0.13	5301	0.11	5301	0.10	5301	0.09
8.00	0.00	0.38	5145	0.28	4789	0.18	4799	0.15	4799	0.12	4799	0.10	4799	0.09	4799	0.08	4799	0.07
10.00	0.00	0.35	4853	0.26	4557	0.17	4562	0.14	4562	0.11	4562	0.10	4562	0.08	4562	0.07	4562	0.07
12.00	0.00	0.33	4585	0.25	4342	0.16	4345	0.13	4345	0.11	4345	0.09	4345	0.08	4345	0.07	4345	0.06
15.00	0.00	0.31	4241	0.23	4062	0.15	4063	0.13	4063	0.10	4063	0.09	4063	0.07	4063	0.07	4063	0.06
20.00	0.00	0.29	3797	0.21	3690	0.14	3690	0.12	3690	0.09	3690	0.08	3690	0.07	3690	0.06	3690	0.05
21.00	0.00	0.28	3724	0.21	3628	0.14	3627	0.11	3627	0.09	3627	0.08	3627	0.07	3627	0.06	3627	0.05
22.00	0.00	0.28	3655	0.21	3568	0.14	3568	0.11	3568	0.09	3568	0.08	3568	0.07	3568	0.06	3568	0.05
24.00	0.00	0.27	3529	0.20	3459	0.13	3458	0.11	3458	0.09	3458	0.08	3458	0.07	3458	0.06	3458	0.05
30.00	0.00	0.26	3225	0.19	3188	0.13	3187	0.10	3187	0.08	3187	0.07	3187	0.06	3187	0.06	3187	0.05
40.00	0.00	0.24	2875	0.18	2866	0.12	2866	0.10	2866	0.08	2866	0.07	2866	0.06	2866	0.05	2866	0.05
44.00	0.00	0.23	2771	0.17	2767	0.11	2767	0.09	2767	0.07	2767	0.07	2767	0.06	2767	0.05	2767	0.04
110	189	0.19	1991	0.14	1997	0.09	2001	0.07	2001	0.06	2001	0.05	2001	0.04	2001	0.04	2001	0.03
150	207	0.17	1786	0.13	1789	0.08	1792	0.07	1792	0.05	1792	0.05	1792	0.04	1792	0.04	1792	0.03
220	171	0.16	1554	0.11	1555	0.07	1556	0.06	1556	0.05	1556	0.04	1556	0.04	1556	0.03	1556	0.03
885	42	0.11	864	0.08	864	0.05	864	0.04	864	0.03	864	0.03	864	0.03	864	0.02	864	0.02
1700	26	0.09	617	0.07	617	0.04	617	0.04	617	0.03	617	0.02	617	0.02	617	0.02	617	0.02
2200	20	0.08	532	0.06	532	0.04	532	0.03	532	0.03	532	0.02	532	0.02	532	0.02	532	0.02
3600	11	0.07	389	0.05	389	0.03	389	0.03	389	0.02	389	0.02	389	0.02	389	0.02	389	0.01
9000	2	0.06	189	0.04	189	0.03	189	0.02	189	0.02	189	0.02	189	0.01	189	0.01	189	0.01
36000	0.00	0.03	38	0.02	38	0.01	38	0.01	38	0.01	37	0.01	38	0.01	38	0.01	38	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.01

Para k: 0.5 - 29 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

30-2200 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.6m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 8.00m																		
Espesor de losa de 0.70m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2517	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4650	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6707	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8739	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.08	0.00	1.07	0.00	1.04	0.00	1.04	0.00	1.02	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.01
0.10	0.00	1.06	0.00	0.91	0.00	0.53	1432	0.41	4180	0.33	6707	0.29	6771	0.25	6716	0.22	6302	0.20
0.50	0.00	1.01	0.00	0.64	2256	0.39	6466	0.33	6301	0.26	6062	0.23	6076	0.19	6084	0.17	6083	0.15
0.65	0.00	0.98	0.00	0.60	3075	0.37	6602	0.31	6234	0.25	6092	0.22	6112	0.18	6115	0.17	6114	0.15
1.20	0.00	0.91	2094	0.51	4437	0.33	6331	0.28	5933	0.22	5938	0.19	5944	0.16	5943	0.15	5943	0.13
1.30	0.00	0.90	2435	0.50	4564	0.33	6261	0.27	5889	0.21	5899	0.19	5904	0.16	5903	0.14	5903	0.13
1.50	0.00	0.88	3004	0.48	4766	0.32	6126	0.26	5806	0.21	5822	0.18	5824	0.16	5824	0.14	5824	0.12
3.60	0.00	0.69	5209	0.39	5360	0.26	5319	0.21	5323	0.17	5323	0.15	5323	0.13	5323	0.11	5323	0.10
4.00	0.00	0.66	5326	0.38	5365	0.24	5341	0.21	5343	0.16	5343	0.14	5343	0.12	5343	0.11	5343	0.10
8.00	0.00	0.47	5484	0.32	5140	0.21	5158	0.17	5157	0.14	5157	0.12	5157	0.10	5157	0.09	5157	0.08
10.00	0.00	0.42	5348	0.30	4965	0.19	4983	0.16	4982	0.13	4982	0.11	4982	0.10	4982	0.09	4982	0.08
12.00	0.00	0.39	5170	0.28	4808	0.18	4820	0.15	4819	0.12	4819	0.11	4819	0.09	4819	0.08	4819	0.07
15.00	0.00	0.36	4892	0.26	4585	0.17	4592	0.14	4592	0.11	4592	0.10	4592	0.08	4592	0.08	4592	0.07
20.00	0.00	0.33	4472	0.24	4247	0.16	4250	0.13	4250	0.10	4250	0.09	4250	0.08	4250	0.07	4250	0.06
21.00	0.00	0.32	4397	0.24	4186	0.16	4188	0.13	4188	0.10	4188	0.09	4188	0.08	4188	0.07	4188	0.06
22.00	0.00	0.32	4325	0.24	4128	0.15	4129	0.13	4129	0.10	4129	0.09	4129	0.08	4129	0.07	4129	0.06
24.00	0.00	0.31	4190	0.23	4016	0.15	4017	0.12	4017	0.10	4017	0.09	4017	0.07	4017	0.07	4017	0.06
30.00	0.00	0.29	3846	0.22	3728	0.14	3728	0.12	3728	0.09	3728	0.08	3728	0.07	3728	0.06	3728	0.06
40.00	0.00	0.27	3425	0.20	3363	0.13	3363	0.11	3363	0.09	3363	0.08	3363	0.06	3363	0.06	3363	0.05
44.00	0.00	0.26	3295	0.19	3247	0.13	3246	0.11	3246	0.08	3246	0.07	3246	0.06	3246	0.06	3246	0.05
110	0.00	0.21	2303	0.15	2309	0.10	2311	0.08	2311	0.07	2311	0.06	2311	0.05	2311	0.04	2311	0.04
150	124	0.19	2058	0.14	2063	0.09	2068	0.08	2068	0.06	2068	0.05	2068	0.05	2068	0.04	2068	0.04
220	181	0.17	1791	0.13	1794	0.08	1797	0.07	1797	0.05	1797	0.05	1797	0.04	1797	0.04	1797	0.03
885	47.92	0.12	1008	0.09	1008	0.06	1008	0.05	1008	0.04	1008	0.03	1008	0.03	1008	0.03	1008	0.02
1700	25.72	0.10	724	0.07	0.00	0.00	724	0.04	724	0.03	724	0.03	724	0.02	724	0.02	724	0.02
2200	20.11	0.09	626	0.07	0.00	0.00	626	0.04	626	0.03	626	0.03	626	0.02	626	0.02	626	0.02
3600	10.57	0.08	461	0.06	0.00	0.00	461	0.03	461	0.02	461	0.02	461	0.02	461	0.02	461	0.01
9000	1.05	0.06	228	0.05	0.00	0.00	228	0.02	228	0.02	228	0.02	228	0.01	228	0.01	228	0.01
36000	0.00	0.04	48	0.03	0.00	0.00	48	0.01	48	0.01	48	0.01	48	0.01	48	0.01	48	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.01

Para k: 0.5 - 43 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

44-885 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.7m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 8.00m																		
Espesor de losa de 0.80m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2517	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4650	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6707	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8739	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.08	0.00	1.10	0.00	1.07	0.00	1.07	0.00	1.08	0.00	1.06	0.00	1.05	0.00	1.05	0.00	1.06
0.10	0.00	1.07	0.00	0.95	0.00	0.60	0.00	0.44	2495	0.35	5924	0.30	6516	0.26	7143	0.23	6708	0.21
0.50	0.00	1.03	0.00	0.71	695	0.42	5960	0.35	6212	0.28	6409	0.24	6049	0.21	6026	0.19	6043	0.16
0.65	0.00	1.01	0.00	0.66	1756	0.40	6296	0.33	6297	0.27	6142	0.23	6006	0.20	6018	0.18	6018	0.16
1.20	0.00	0.96	0.00	0.56	3621	0.36	6571	0.30	6130	0.24	6055	0.21	6071	0.18	6071	0.16	6071	0.14
1.30	0.00	0.95	572	0.55	3316	0.35	6539	0.29	6087	0.23	6042	0.20	6056	0.17	6055	0.16	6055	0.14
1.50	0.00	0.94	1272	0.53	4106	0.34	6457	0.29	6017	0.23	6002	0.20	6012	0.17	6012	0.15	6011	0.13
3.60	0.00	0.79	4455	0.43	5199	0.28	5650	0.23	5507	0.19	5520	0.16	5520	0.14	5520	0.12	5520	0.11
4.00	0.00	0.76	4691	0.42	5256	0.28	5552	0.23	5442	0.18	5453	0.16	5452	0.14	5452	0.12	5452	0.11
8.00	0.00	0.58	5426	0.35	5287	0.23	5291	0.19	5288	0.15	5291	0.13	5291	0.11	5291	0.10	5291	0.09
10.00	0.00	0.51	5470	0.33	5212	0.22	5225	0.18	5224	0.14	5224	0.12	5224	0.11	5224	0.10	5224	0.08
12.00	0.00	0.47	5438	0.31	5105	0.21	5123	0.17	5122	0.14	5122	0.12	5122	0.10	5122	0.09	5122	0.08
15.00	0.00	0.42	5298	0.30	4927	0.19	4944	0.16	4943	0.13	4943	0.11	4943	0.09	4943	0.09	4943	0.08
20.00	0.00	0.37	4993	0.27	4665	0.18	4674	0.15	4673	0.12	4673	0.10	4673	0.09	4673	0.08	4673	0.07
21.00	0.00	0.37	4931	0.27	4615	0.18	4622	0.15	4622	0.12	4622	0.10	4622	0.09	4622	0.08	4622	0.07
22.00	0.00	0.36	4869	0.26	4565	0.17	4572	0.14	4572	0.11	4572	0.10	4572	0.08	4572	0.08	4572	0.07
24.00	0.00	0.35	4749	0.26	4468	0.17	4474	0.14	4474	0.11	4474	0.10	4474	0.08	4474	0.07	4474	0.07
30.00	0.00	0.33	4419	0.24	4201	0.16	4203	0.13	4203	0.10	4203	0.09	4203	0.08	4203	0.07	4203	0.06
40.00	0.00	0.30	3976	0.22	3833	0.15	3834	0.12	3834	0.10	3834	0.08	3834	0.07	3834	0.06	3834	0.06
44.00	0.00	0.29	3831	0.22	3710	0.14	3710	0.12	3710	0.09	3710	0.08	3710	0.07	3710	0.06	3710	0.06
110	0.00	0.23	2640	0.17	2636	0.11	2636	0.09	2636	0.07	2636	0.06	2636	0.05	2636	0.05	2636	0.04
150	0.00	0.21	2340	0.16	2344	0.10	2344	0.08	2344	0.07	2344	0.06	2344	0.05	2344	0.04	2344	0.04
220	84.65	0.19	2025	0.14	2029	0.09	2033	0.08	2033	0.06	2033	0.05	2033	0.05	2033	0.04	2033	0.04
885	71.96	0.13	1147	0.10	1147	0.06	1147	0.05	1147	0.04	1147	0.04	1147	0.03	1147	0.03	1147	0.02
1700	27.21	0.11	829	0.08	0.00	0.00	829	0.04	829	0.03	829	0.03	829	0.03	829	0.02	829	0.02
2200	19.73	0.10	719	0.08	0.00	0.00	719	0.04	719	0.03	719	0.03	719	0.02	719	0.02	719	0.02
3600	9.55	0.09	532	0.06	0.00	0.00	532	0.03	532	0.03	532	0.02	532	0.02	532	0.02	532	0.02
9000	0.62	0.07	267	0.05	0.00	0.00	267	0.03	267	0.02	267	0.02	267	0.02	267	0.01	267	0.01
36000	0.00	0.04	58	0.03	0.00	0.00	58	0.02	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.01

Para k: 0.65-109 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

110-1700 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.8m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 8.00m																		
Espesor de losa de 0.90m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -1850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2517	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4650	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -6707	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8739	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.08	0.00	1.08	0.00	1.04	0.00	1.04	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.01
0.10	0.00	1.07	0.00	0.98	0.00	0.69	0.00	0.46	461.20	0.36	4851	0.32	5932	0.27	7276	0.24	7031	0.22
0.50	0.00	1.04	0.00	0.77	0.00	0.44	5202	0.37	5932	0.29	6750	0.26	6296	0.22	6190	0.20	6208	0.17
0.65	0.00	1.03	0.00	0.73	285.52	0.42	5798	0.35	6141	0.28	6499	0.25	6108	0.21	6069	0.19	6087	0.17
1.20	0.00	1.00	0.00	0.62	2640	0.38	6532	0.32	6265	0.25	6074	0.22	6091	0.19	6097	0.17	6096	0.15
1.30	0.00	0.99	0.00	0.60	2883	0.37	6566	0.31	6242	0.25	6079	0.22	6098	0.19	6102	0.17	6101	0.15
1.50	0.00	0.98	0.00	0.58	3284	0.36	6584	0.31	6186	0.24	6071	0.21	6090	0.18	6091	0.16	6091	0.14
3.60	0.00	0.86	3406	0.46	4883	0.31	5986	0.25	5716	0.20	5734	0.18	5734	0.15	5734	0.14	5734	0.12
4.00	0.00	0.84	3749	0.45	4990	0.30	5881	0.25	5651	0.20	5668	0.17	5668	0.15	5668	0.13	5668	0.12
8.00	0.00	0.68	5198	0.38	5319	0.25	5250	0.21	5288	0.17	5288	0.15	5288	0.12	5288	0.11	5288	0.10
10.00	0.00	0.61	5377	0.36	5298	0.24	5272	0.20	5292	0.16	5274	0.14	5292	0.12	5292	0.11	5292	0.09
12.00	0.00	0.56	5431	0.35	5244	0.23	5246	0.19	5246	0.15	5246	0.13	5246	0.11	5246	0.10	5246	0.09
15.00	0.00	0.50	5421	0.33	5152	0.21	5166	0.18	5165	0.14	5165	0.12	5165	0.10	5165	0.09	5165	0.08
20.00	0.00	0.43	5298	0.30	4948	0.20	4964	0.16	4964	0.13	4964	0.11	4964	0.10	4964	0.09	4964	0.08
21.00	0.00	0.42	5261	0.30	4905	0.19	4921	0.16	4921	0.13	4921	0.11	4921	0.10	4921	0.09	4921	0.08
22.00	0.00	0.42	5221	0.29	4862	0.19	4878	0.16	4877	0.13	4877	0.11	4877	0.09	4877	0.08	4877	0.07
24.00	0.00	0.40	5137	0.28	4783	0.19	4795	0.15	4794	0.12	4794	0.11	4794	0.09	4794	0.08	4794	0.07
30.00	0.00	0.37	4875	0.27	4568	0.17	4576	0.14	4575	0.11	4575	0.10	4575	0.09	4575	0.08	4575	0.07
40.00	0.00	0.33	4468	0.25	4237	0.16	4240	0.13	4240	0.11	4240	0.09	4240	0.08	4240	0.07	4240	0.06
44.00	0.00	0.32	4324	0.24	4119	0.16	4121	0.13	4121	0.10	4121	0.09	4121	0.08	4121	0.07	4121	0.06
110	0.00	0.25	3001	0.19	2971	0.12	2971	0.10	2971	0.08	2971	0.07	2971	0.06	2971	0.05	2971	0.05
150	0.00	0.23	2642	0.17	2634	0.11	2634	0.09	2634	0.07	2634	0.06	2634	0.05	2634	0.05	2634	0.04
220	0.00	0.21	2268	0.15	2271	0.10	2271	0.08	2271	0.07	2271	0.06	2271	0.05	2271	0.04	2271	0.04
885	92.62	0.14	1283	0.11	1283	0.07	1283	0.06	1283	0.05	1283	0.04	1283	0.03	1283	0.03	1283	0.03
1700	36.78	0.12	931	0.09	931	0.06	931	0.05	931	0.04	931	0.03	931	0.03	931	0.03	931	0.02
2200	22.97	0.11	809	0.08	809	0.05	809	0.04	809	0.03	809	0.03	809	0.03	809	0.02	809	0.02
3600	9.11	0.10	602	0.07	602	0.05	602	0.04	602	0.03	602	0.03	602	0.02	602	0.02	602	0.02
9000	0.42	0.07	306	0.05	306	0.03	306	0.03	306	0.02	306	0.02	306	0.02	306	0.02	306	0.01
36000	0.00	0.04	69	0.03	69	0.02	69	0.02	69	0.01	69	0.01	69	0.01	69	0.01	69	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.96	1.00
1.0	0.93	1.01

Para k: 1.20-109 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

110-1700 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S8m - E0.9m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 10.00m																		
Espesor de losa de 0.60m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3183	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8421	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -10961	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -12350
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.06	0.00	1.06	0.00	1.04	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.02
0.10	0.00	1.01	0.00	0.68	#####	0.40	7971	0.34	8082	0.27	8046	0.24	7668	0.20	7678	0.18	7684	0.16
0.50	0.00	0.82	5166	0.45	6526	0.30	7569	0.25	7292	0.20	7315	0.17	7314	0.15	7314	0.13	7314	0.12
0.65	0.00	0.77	6023	0.42	6770	0.28	7253	0.23	7091	0.18	7107	0.16	7106	0.14	7106	0.12	7106	0.11
1.20	0.00	0.61	7066	0.36	6916	0.24	6910	0.20	6911	0.16	6911	0.14	6911	0.12	6911	0.11	6911	0.09
1.30	0.00	0.59	7110	0.35	6894	0.23	6897	0.19	6897	0.15	6897	0.13	6897	0.12	6897	0.10	6897	0.09
1.50	0.00	0.55	7142	0.34	6848	0.23	6859	0.19	6858	0.15	6858	0.13	6858	0.11	6858	0.10	6858	0.09
3.60	0.00	0.37	6472	0.27	6061	0.18	6071	0.15	6071	0.12	6071	0.10	6071	0.09	6071	0.08	6071	0.07
4.00	0.00	0.35	6292	0.26	5917	0.17	5925	0.14	5925	0.11	5925	0.10	5925	0.08	5925	0.08	5925	0.07
8.00	0.00	0.28	4969	0.21	4829	0.14	4829	0.12	4829	0.09	4829	0.08	4829	0.07	4829	0.06	4829	0.06
10.00	0.00	0.27	4559	0.20	4475	0.13	4475	0.11	4475	0.09	4475	0.08	4475	0.06	4475	0.06	4475	0.05
12.00	0.00	0.25	4248	0.19	4199	0.13	4198	0.10	4198	0.08	4198	0.07	4198	0.06	4198	0.06	4198	0.05
15.00	0.00	0.24	3901	0.18	3882	0.12	3882	0.10	3882	0.08	3882	0.07	3882	0.06	3882	0.05	3882	0.05
20.00	0.00	0.23	3510	0.17	3513	0.11	3513	0.09	3513	0.07	3513	0.06	3513	0.05	3513	0.05	3513	0.04
21.00	0.00	0.22	3450	0.17	3454	0.11	3454	0.09	3454	0.07	3454	0.06	3454	0.05	3454	0.05	3454	0.04
22.00	0.00	0.22	3394	0.16	3400	0.11	3400	0.09	3400	0.07	3400	0.06	3400	0.05	3400	0.05	3400	0.04
24.00	0.00	0.22	3293	0.16	3301	0.11	3302	0.09	3302	0.07	3302	0.06	3302	0.05	3302	0.05	3302	0.04
30.00	95.60	0.20	3055	0.15	3065	0.10	3073	0.08	3073	0.07	3073	0.06	3073	0.05	3073	0.04	3073	0.04
40.00	243.84	0.19	2784	0.14	2792	0.09	2799	0.08	2799	0.06	2799	0.05	2799	0.05	2799	0.04	2799	0.04
44.00	269.42	0.19	2700	0.14	2708	0.09	2714	0.07	2714	0.06	2714	0.05	2714	0.04	2714	0.04	2714	0.04
110	194	0.15	1998	0.11	1999	0.07	1999	0.06	1999	0.05	1999	0.04	1999	0.04	1999	0.03	1999	0.03
150	129	0.13	1792	0.10	1792	0.07	1792	0.05	1792	0.04	1792	0.04	1792	0.03	1792	0.03	1792	0.03
220	89	0.12	1557	0.09	1556	0.06	1556	0.05	1556	0.04	1556	0.03	1556	0.03	1556	0.03	1556	0.02
885	43	0.08	864	0.06	864	0.04	864	0.03	864	0.03	864	0.02	864	0.02	864	0.02	864	0.02
1700	26	0.07	617	0.05	617	0.03	617	0.03	617	0.02	617	0.02	617	0.02	617	0.01	617	0.01
2200	20	0.06	532	0.05	532	0.03	532	0.03	532	0.02	532	0.02	532	0.02	532	0.01	532	0.01
3600	11	0.06	389	0.04	389	0.03	389	0.02	389	0.02	389	0.02	389	0.01	389	0.01	389	0.01
9000	2	0.04	189	0.03	189	0.02	189	0.02	189	0.01	189	0.01	189	0.01	189	0.01	189	0.01
36000	0.00	0.02	38	0.02	38	0.01	38	0.01	38	0.01	38	0.01	38	0.01	38	0.01	38	0.00

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6 X 0.6	1.00	1.00
0.8 X 0.8	0.97	1.00
1.0 X 1.0	0.94	1.00

Para k: 0.1 - 4 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

5 - 150 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E0.6m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 10.00m																		
Espesor de losa de 0.70m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3183	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8421	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -10961	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -12350
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.07	0.00	1.05	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.02	0.00	1.01	0.00	1.02
0.10	0.00	1.03	0.00	0.76	0.00	0.44	6941	0.36	7700	0.29	8628	0.25	8065	0.22	7951	0.19	7975	0.17
0.50	0.00	0.90	3047	0.50	5791	0.33	8122	0.27	7630	0.22	7640	0.19	7646	0.16	7645	0.15	7645	0.13
0.65	0.00	0.86	4332	0.47	6251	0.31	7811	0.26	7438	0.21	7461	0.18	7463	0.15	7462	0.14	7462	0.12
1.20	0.00	0.73	6383	0.40	6846	0.27	7076	0.22	6969	0.18	6980	0.16	6979	0.13	6980	0.12	6980	0.11
1.30	0.00	0.71	6550	0.40	6879	0.26	6991	0.22	6908	0.17	6917	0.15	6916	0.13	6916	0.12	6916	0.10
1.50	0.00	0.68	6792	0.38	6912	0.25	6869	0.21	6806	0.17	6873	0.15	6873	0.13	6873	0.11	6873	0.10
3.60	0.00	0.44	7018	0.31	6555	0.20	6578	0.17	6577	0.13	6577	0.12	6577	0.10	6577	0.09	6577	0.08
4.00	0.00	0.42	6925	0.30	6447	0.19	6469	0.16	6468	0.13	6468	0.11	6468	0.10	6468	0.09	6468	0.08
8.00	0.00	0.32	5834	0.24	5545	0.16	5549	0.13	5549	0.11	5549	0.09	5549	0.08	5549	0.07	5549	0.06
10.00	0.00	0.30	5401	0.23	5189	0.15	5190	0.12	5190	0.10	5190	0.09	5190	0.07	5190	0.07	5190	0.06
12.00	0.00	0.29	5048	0.22	4893	0.14	4893	0.12	4893	0.09	4893	0.08	4893	0.07	4893	0.06	4893	0.06
15.00	0.00	0.27	4633	0.20	4536	0.13	4536	0.11	4536	0.09	4536	0.08	4536	0.07	4536	0.06	4536	0.05
20.00	0.00	0.25	4142	0.19	4100	0.12	4100	0.10	4100	0.08	4100	0.07	4100	0.06	4100	0.05	4100	0.05
21.00	0.00	0.25	4065	0.19	4030	0.12	4029	0.10	4029	0.08	4029	0.07	4029	0.06	4029	0.05	4029	0.05
22.00	0.00	0.25	3993	0.18	3964	0.12	3954	0.10	3954	0.08	3954	0.07	3954	0.06	3954	0.05	3954	0.05
24.00	0.00	0.24	3863	0.18	3843	0.12	3843	0.10	3843	0.08	3843	0.07	3843	0.06	3843	0.05	3843	0.05
30.00	0.00	0.23	3555	0.17	3553	0.11	3553	0.09	3553	0.07	3553	0.06	3553	0.05	3553	0.05	3553	0.04
40.00	0.00	0.21	3210	0.16	3218	0.10	3220	0.09	3220	0.07	3220	0.06	3220	0.05	3220	0.05	3220	0.04
44.00	7.07	0.21	3106	0.15	3115	0.10	3120	0.08	3120	0.07	3120	0.06	3120	0.05	3120	0.04	3120	0.04
110	261	0.16	2293	0.12	2296	0.08	2298	0.07	2298	0.05	2298	0.05	2298	0.04	2298	0.04	2298	0.03
150	212	0.15	2061	0.11	2062	0.07	2063	0.06	2063	0.05	2063	0.04	2063	0.04	2063	0.03	2063	0.03
220	135	0.14	1796	0.10	1796	0.07	1796	0.05	1796	0.04	1796	0.04	1796	0.03	1796	0.03	1796	0.03
885	45	0.09	1008	0.07	1008	0.05	1008	0.04	1008	0.03	1008	0.03	1008	0.02	1008	0.02	1008	0.02
1700	26	0.08	724	0.06	724	0.04	724	0.03	724	0.03	724	0.02	724	0.02	724	0.02	724	0.02
2200	20	0.07	626	0.05	626	0.04	626	0.03	626	0.02	626	0.02	626	0.02	626	0.02	626	0.01
3600	11	0.06	461	0.05	461	0.03	461	0.02	461	0.02	461	0.02	461	0.01	461	0.01	461	0.01
9000	1	0.05	228	0.04	228	0.02	228	0.02	228	0.02	228	0.01	228	0.01	228	0.01	228	0.01
36000	0.00	0.03	48	0.02	48	0.01	48	0.01	48	0.01	48	0.01	48	0.01	48	0.01	48	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6 X 0.6	1.00	1.00
0.8 X 0.8	0.97	1.00
1.0 X 1.0	0.94	1.00

Para k: 0.5 - 15 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

15 - 150 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E0.7m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 10.00m																		
Espesor de losa de 0.80m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3183	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8421	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> #####	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> #####
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.06	0.00	1.09	0.00	1.06	0.00	1.06	0.00	1.05	0.00	1.05	0.00	1.04	0.00	1.05	0.00	1.04
0.10	0.00	1.04	0.00	0.82	0.00	0.47	5289	0.38	7055	0.31	8947	0.27	8437	0.23	8121	0.21	8109	0.18
0.50	0.00	0.95	686	0.55	4802	0.35	8448	0.30	7882	0.24	7808	0.21	7827	0.18	7826	0.16	7826	0.14
0.65	0.00	0.92	2274	0.52	5484	0.34	8255	0.28	7718	0.22	7711	0.19	7721	0.17	7720	0.15	7720	0.13
1.20	0.00	0.82	5182	0.44	6518	0.30	7539	0.25	7269	0.20	7292	0.17	7291	0.15	7291	0.13	7291	0.12
1.30	0.00	0.80	5465	0.44	6602	0.29	7441	0.24	7208	0.19	7228	0.17	7227	0.14	7227	0.13	7227	0.11
1.50	0.00	0.77	5912	0.42	6726	0.28	7269	0.23	7097	0.19	7114	0.16	7113	0.14	7113	0.12	7113	0.11
3.60	0.00	0.54	7088	0.34	6802	0.22	6812	0.19	6812	0.15	6812	0.13	6812	0.11	6812	0.10	6812	0.09
4.00	0.00	0.51	7087	0.33	6754	0.22	6771	0.18	6770	0.14	6770	0.13	6770	0.11	6770	0.10	6770	0.09
8.00	0.00	0.37	6506	0.27	6088	0.18	6099	0.15	6099	0.12	6099	0.10	6099	0.09	6099	0.08	6099	0.07
10.00	0.00	0.34	6129	0.26	5782	0.17	5789	0.14	5789	0.11	5789	0.10	5789	0.08	5789	0.07	5789	0.07
12.00	0.00	0.32	5790	0.24	5506	0.16	5509	0.13	5509	0.10	5509	0.09	5509	0.08	5509	0.07	5509	0.06
15.00	0.00	0.30	5357	0.23	5150	0.15	5150	0.12	5150	0.10	5150	0.09	5150	0.07	5150	0.07	5150	0.06
20.00	0.00	0.28	4807	0.21	4684	0.14	4683	0.11	4683	0.09	4683	0.08	4683	0.07	4683	0.06	4683	0.05
21.00	0.00	0.27	4717	0.21	4606	0.14	4605	0.11	4605	0.09	4605	0.08	4605	0.07	4605	0.06	4605	0.05
22.00	0.00	0.27	4633	0.20	4532	0.13	4532	0.11	4532	0.09	4532	0.08	4532	0.07	4532	0.06	4532	0.05
24.00	0.00	0.27	4478	0.20	4396	0.13	4396	0.11	4396	0.09	4396	0.08	4396	0.06	4396	0.06	4396	0.05
30.00	0.00	0.25	4104	0.19	4061	0.12	4061	0.10	4061	0.08	4061	0.07	4061	0.06	4061	0.05	4061	0.05
40.00	0.00	0.23	3675	0.17	3665	0.11	3664	0.09	3664	0.08	3664	0.07	3664	0.06	3664	0.05	3664	0.04
44.00	0.00	0.23	3547	0.17	3543	0.11	3543	0.09	3543	0.07	3543	0.06	3543	0.05	3543	0.05	3543	0.04
110	228	0.18	2580	0.13	2586	0.09	2590	0.07	2590	0.06	2590	0.05	2590	0.04	2590	0.04	2590	0.03
150	245	0.17	2321	0.12	2324	0.08	2326	0.07	2326	0.05	2326	0.05	2326	0.04	2326	0.04	2326	0.03
220	199	0.15	2026	0.11	2028	0.07	2028	0.06	2028	0.05	2028	0.04	2028	0.04	2028	0.03	2028	0.03
885	46	0.10	1148	0.08	1148	0.05	1148	0.04	1148	0.03	1148	0.03	1148	0.02	1148	0.02	1148	0.02
1700	26	0.09	829	0.06	829	0.04	829	0.03	829	0.03	829	0.02	829	0.02	829	0.02	829	0.02
2200	19	0.08	719	0.06	719	0.04	719	0.03	719	0.03	719	0.02	719	0.02	719	0.02	719	0.02
3600	10	0.07	532	0.05	532	0.03	532	0.03	532	0.02	532	0.02	532	0.02	532	0.01	532	0.01
9000	1	0.05	267	0.04	267	0.03	267	0.02	267	0.02	267	0.01	267	0.01	267	0.01	267	0.01
36000	0.00	0.03	58	0.02	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01	58	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6	1.00	1.00
0.8	0.97	1.00
1.0	0.94	1.00

Para k: 0.5 - 29 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

30-1700 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E0.8m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 10.00m																		
Espesor de losa de 0.90m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3183	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8421	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -10961	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -12350
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.06	0.00	1.05	0.00	1.04	0.00	1.04	0.00	1.03	0.00	1.02	0.00	1.03	0.00	1.01	0.00	1.02
0.10	0.00	1.05	0.00	0.88	0.00	0.51	3170	0.40	6031	0.32	8838	0.28	8660	0.24	8391	0.22	8072	0.19
0.50	0.00	0.98	0.00	0.61	3611	0.38	8441	0.32	8057	0.25	7838	0.22	7861	0.19	7867	0.17	7866	0.15
0.65	0.00	0.96	0.00	0.57	4520	0.36	8472	0.30	7933	0.24	7820	0.21	7843	0.18	7844	0.16	7843	0.14
1.20	0.00	0.88	3646	0.48	6000	0.32	7966	0.27	7530	0.21	7548	0.18	7552	0.16	7551	0.14	7551	0.13
1.30	0.00	0.87	4028	0.47	6135	0.31	7870	0.26	7471	0.21	7492	0.18	7494	0.15	7494	0.14	7494	0.12
1.50	0.00	0.84	4656	0.46	6346	0.30	7693	0.25	7362	0.20	7385	0.18	7386	0.15	7385	0.13	7386	0.12
3.60	0.00	0.64	6889	0.37	6879	0.25	6856	0.20	6858	0.16	6858	0.14	6858	0.12	6858	0.11	6858	0.10
4.00	0.00	0.61	6978	0.36	6863	0.24	6854	0.20	6855	0.16	6855	0.14	6855	0.12	6855	0.11	6855	0.09
8.00	0.00	0.43	6906	0.30	6456	0.20	6477	0.16	6476	0.13	6476	0.11	6476	0.10	6476	0.09	6476	0.08
10.00	0.00	0.39	6655	0.28	6210	0.18	6225	0.15	6224	0.12	6224	0.11	6224	0.09	6224	0.08	6224	0.07
12.00	0.00	0.37	6383	0.27	5986	0.18	5996	0.15	5996	0.12	5996	0.10	5996	0.09	5996	0.08	5996	0.07
15.00	0.00	0.34	5994	0.25	5670	0.16	5675	0.14	5675	0.11	5675	0.09	5675	0.08	5675	0.07	5675	0.06
20.00	0.00	0.31	5446	0.23	5220	0.15	5221	0.13	5221	0.10	5221	0.09	5221	0.07	5221	0.07	5221	0.06
21.00	0.00	0.30	5352	0.23	5141	0.15	5142	0.12	5142	0.10	5142	0.09	5142	0.07	5142	0.07	5142	0.06
22.00	0.00	0.30	5262	0.22	5066	0.15	5066	0.12	5066	0.10	5066	0.08	5066	0.07	5066	0.07	5066	0.06
24.00	0.00	0.29	5094	0.22	4924	0.14	4925	0.12	4925	0.09	4925	0.08	4925	0.07	4925	0.06	4925	0.06
30.00	0.00	0.27	4675	0.21	4565	0.14	4565	0.11	4565	0.09	4565	0.08	4565	0.07	4565	0.06	4565	0.05
40.00	0.00	0.25	4175	0.19	4122	0.13	4122	0.10	4122	0.08	4122	0.07	4122	0.06	4122	0.06	4122	0.05
44.00	0.00	0.25	4022	0.19	3983	0.12	3983	0.10	3983	0.08	3983	0.07	3983	0.06	3983	0.05	3983	0.05
110	64	0.20	2867	0.15	2874	0.10	2879	0.08	2879	0.06	2879	0.06	2879	0.05	2879	0.04	2879	0.04
150	189	0.18	2575	0.13	2580	0.09	2585	0.07	2585	0.06	2585	0.05	2585	0.04	2585	0.04	2585	0.03
220	218	0.16	2250	0.12	2252	0.08	2254	0.07	2254	0.05	2254	0.05	2254	0.04	2254	0.04	2254	0.03
885	49	0.11	1284	0.08	1284	0.05	1284	0.05	1284	0.04	1284	0.03	1284	0.03	1284	0.02	1284	0.02
1700	25	0.09	931	0.07	931	0.05	931	0.04	931	0.03	931	0.03	931	0.02	931	0.02	931	0.02
2200	19	0.09	809	0.06	809	0.04	809	0.04	809	0.03	809	0.02	809	0.02	809	0.02	809	0.02
3600	8	0.08	602	0.06	602	0.04	602	0.03	602	0.02	602	0.02	602	0.02	602	0.02	602	0.01
9000	0.31	0.06	306	0.04	306	0.03	306	0.02	306	0.02	306	0.02	306	0.01	306	0.01	306	0.01
36000	0.00	0.03	69	0.02	69	0.02	69	0.01	69	0.01	69	0.01	69	0.01	69	0.01	69	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6 X 0.6	1.00	1.00
0.8 X 0.8	0.97	1.00
1.0 X 1.0	0.94	1.00

Para k: 0.5 - 30 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

31 - 150 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E0.9m - SV**  
(Tonf-m)

COLUMNAS SIN VOLADOS CON ESPACIAMIENTO DE 10.00m																		
Espesor de losa de 1.00m																		
COL	2		3		4		5		6		7		8		9		10	
ks	M <sub>k0</sub> (Tonf-m)																	
	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -2350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -3183	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -4850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -5850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -7350	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -8421	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -9850	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -10961	M <sub>MÁX +</sub> 0.1	M <sub>MÁX -</sub> -12350
kg/cm <sup>3</sup>	Coeficientes δ																	
1E-06	0.00	1.06	0.00	1.07	0.00	1.05	0.00	1.05	0.00	1.04	0.00	1.04	0.00	1.04	0.00	1.03	0.00	1.03
0.10	0.00	1.05	0.00	0.91	0.00	0.54	740	0.42	4669	0.33	8231	0.29	8622	0.25	8863	0.23	8307	0.20
0.50	0.00	1.00	0.00	0.66	2261	0.40	8059	0.33	8080	0.27	7939	0.23	7709	0.20	7724	0.18	7724	0.16
0.65	0.00	0.98	0.00	0.62	3396	0.38	8396	0.32	8067	0.25	7823	0.22	7844	0.19	7851	0.17	7850	0.15
1.20	0.00	0.92	1928	0.52	5331	0.34	8287	0.28	7741	0.23	7723	0.20	7736	0.17	7735	0.15	7735	0.13
1.30	0.00	0.91	2387	0.51	5518	0.33	8214	0.28	7689	0.22	7684	0.19	7694	0.17	7693	0.15	7693	0.13
1.50	0.00	0.89	3162	0.49	5817	0.33	8063	0.27	7591	0.22	7601	0.19	7607	0.16	7606	0.14	7606	0.13
3.60	0.00	0.72	6372	0.40	6809	0.27	7017	0.22	6919	0.18	6929	0.15	6928	0.13	6928	0.12	6928	0.10
4.00	0.00	0.70	6572	0.39	6842	0.26	6905	0.22	6836	0.17	6844	0.15	6843	0.13	6843	0.11	6843	0.10
8.00	0.00	0.51	7009	0.33	6685	0.22	6701	0.18	6700	0.14	6700	0.12	6700	0.11	6700	0.10	6700	0.08
10.00	0.00	0.45	6934	0.31	6514	0.20	6535	0.17	6534	0.13	6534	0.12	6534	0.10	6534	0.09	6534	0.08
12.00	0.00	0.42	6773	0.29	6326	0.19	6345	0.16	6345	0.13	6345	0.11	6345	0.09	6345	0.08	6345	0.08
15.00	0.00	0.38	6482	0.27	6068	0.18	6080	0.15	6080	0.12	6080	0.10	6080	0.09	6080	0.08	6080	0.07
20.00	0.00	0.34	6001	0.25	5674	0.17	5680	0.14	5680	0.11	5680	0.10	5680	0.08	5680	0.07	5680	0.06
21.00	0.00	0.33	5912	0.25	5601	0.16	5606	0.14	5606	0.11	5606	0.09	5606	0.08	5606	0.07	5606	0.06
22.00	0.00	0.33	5825	0.25	5530	0.16	5534	0.13	5534	0.11	5534	0.09	5534	0.08	5534	0.07	5534	0.06
24.00	0.00	0.32	5661	0.24	5394	0.16	5397	0.13	5397	0.10	5397	0.09	5397	0.08	5397	0.07	5397	0.06
30.00	0.00	0.30	5231	0.22	5036	0.15	5037	0.12	5037	0.10	5037	0.08	5037	0.07	5037	0.07	5037	0.06
40.00	0.00	0.27	4687	0.21	4571	0.14	4571	0.11	4571	0.09	4571	0.08	4571	0.07	4571	0.06	4571	0.05
44.00	0.00	0.27	4515	0.20	4420	0.13	4420	0.11	4420	0.09	4420	0.08	4420	0.07	4420	0.06	4420	0.05
110	0.00	0.21	3168	0.16	3170	0.10	3170	0.09	3170	0.07	3170	0.06	3170	0.05	3170	0.05	3170	0.04
150	26	0.20	2831	0.15	2836	0.10	2840	0.08	2840	0.06	2840	0.06	2840	0.05	2840	0.04	2840	0.04
220	170	0.18	2469	0.13	2473	0.09	2476	0.07	2476	0.06	2476	0.05	2476	0.04	2476	0.04	2476	0.03
885	62	0.12	1416	0.09	1416	0.06	1416	0.05	1416	0.04	1416	0.03	1416	0.03	1416	0.03	1416	0.02
1700	25	0.10	1032	0.07	1032	0.05	2357	0.04	1032	0.03	1032	0.03	1032	0.02	1032	0.02	1032	0.02
2200	18	0.09	898	0.07	898	0.05	898	0.04	898	0.03	898	0.03	898	0.02	898	0.02	898	0.02
3600	7	0.08	670	0.06	670	0.04	670	0.03	670	0.03	670	0.02	670	0.02	670	0.02	670	0.02
9000	0.14	0.06	344	0.04	344	0.03	344	0.02	344	0.02	344	0.02	344	0.01	344	0.01	344	0.01
36000	0.00	0.04	80	0.03	80	0.02	80	0.01	80	0.01	80	0.01	80	0.01	80	0.01	80	0.01

DADOS	FACTOR	
(m)	M <sub>MÁX +</sub>	M <sub>MÁX -</sub>
0.6 X 0.6	1.00	1.00
0.8 X 0.8	0.97	1.00
1.0 X 1.0	0.94	1.00

Para k: 0.5 - 30 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 30% de los máximos.

31-150 kg/cm<sup>3</sup> Los momentos máximos negativos se localizan en los claros extremos de la zapata y el resto de los momentos negativos equivalen al 20% de los máximos.

Fórmula general para la obtención de momentos máximos Mu:

$$M_u = \frac{P_u}{1000} \cdot M_{k0} \cdot \delta$$

**S10m - E1.0m - SV**  
(Tonf-m)

---

## CONCLUSIONES

En la actualidad es común el empleo de software con base matemática en el método del elemento finito “MEF” para el análisis y diseño de cimentaciones, sin embargo, los resultados son complicados de interpretar por algunos profesionistas de la construcción y sobre todo por estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil. Por ello, la presente tesis buscó relaciones, entre el método convencional y el método refinado a base del MEF, que ofrecen un procedimiento práctico para la obtención de momentos flexionantes máximos en zapatas corridas.

Después de estudiar diversos casos de configuración en zapatas corridas sin contrarabes fue posible llegar a las siguientes conclusiones:

1. Fue posible correlacionar el análisis convencional y el análisis refinado con base en el MEF mediante coeficientes.
2. Fue posible integrar en las correlaciones la variación del módulo de subrasante  $k_s$ .
3. Se observó que cuando el módulo de subrasante es igual a cero,  $k_s = 0$ , los momentos máximos del análisis refinado de base en MEF son iguales a los momentos máximos del análisis convencional que asume a la zapata corrida como una viga bajo equilibrio de presiones.
4. Para valores del módulo de subrasante diferentes de cero,  $k_s \neq 0$ , los coeficientes llevan a valores de momentos máximos que fueron obtenidos mediante envolventes.
5. Para cargas y claros iguales, los momentos máximos obtenidos por el método de los coeficientes  $\delta$  y por el análisis refinado con base en MEF, no difieren en más de un 10%.
6. Para cargas y claros que no difieran en más de un 10%, los momentos máximos obtenidos por el método de los coeficientes  $\delta$  y por el análisis refinado con base en MEF, no difieren en más de un 15% para la mayoría de los casos.

- 
7. Los porcentajes de error son valores que se presentan por arriba del valor verdadero, esto con el fin de situarse del lado de la seguridad.
  8. No fue posible hallar correlaciones para la variación de espesores de losa, la variación de separación de columnas y para zapatas corridas con y sin volados en los extremos de la losa. Por ello, fue necesario desarrollar tablas de coeficientes particulares para estos casos.
  9. Para módulos de subrasante igual a cero,  $k_s = 0$ , es posible determinar los cortantes mediante equilibrio de fuerzas, esto debido a que la presión del suelo es uniforme y puede calcularse como la suma de las cargas entre el área de la losa.
  10. Para módulos de subrasante diferentes de cero,  $k_s \neq 0$ , existe variación en la presión del suelo, misma que sólo puede obtenerse mediante análisis refinados con base en el MEF. Consecuentemente, no es posible determinar mediante equilibrio de presiones la variación de cortantes. Como solución a este problema se recomienda revisar la losa para un cortante igual a  $0.6P_u$  en dados centrales, y un cortante igual a  $1.0 P_u$  en dados colindantes.
  11. Se generaron envolventes de momentos máximos, a partir de la modelación de aproximadamente 24,000 zapatas corridas en el software SAFE2016, para la obtención de las tablas de coeficientes  $\delta$ .
  12. Las tablas de coeficientes  $\delta$  son ayudas de análisis para la obtención de momentos máximos, en zapatas corridas sin contratrabes, que consideran el módulo de subrasante del suelo. Éstas pueden ser incluidas en cursos de Licenciatura y Maestría, como herramientas de enseñanza para el diseño de elementos de concreto y de cimentaciones.

---

## BIBLIOGRAFÍA

ACI Committee 336, 2002. *Suggested Analysis and Design Procedures for Combined Footings and Mats*, Detroit: American Concrete Institute.

American Concrete Institute, 2015. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) y Comentario (ACI 318SR-14)*. Segunda ed. Farmington Hills(Michigan): s.n.

Blanco Claraco, J. L., González Herrera, A. & García-Manrique Ocaña, J. M., 2012. *Análisis estático de estructuras por el método matricial*. Málaga: PUBLIDISA.

Bowles, J. E., 1997. *Foundation Analysis and Design*. Quinta ed. Illinois: McGraw-Hill.

Computers & Structures, Inc., 2016. *SAFE2016 Analysis Reference*. 2016 ed. s.l.:Computers & Structures, Inc..

Computers & Structures, Inc., 2016. *SAFE2016 Defining the Work Flow*. s.l.:Computers & Structures, Inc..

Das, B. M., 2012. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Séptima ed. México D.F.: CENGAGE Learning.

Froio, D. & Rizzi, E., 2016. Analytical solution for the elastic bending of beams lying on a variable Winkler support. *Acta Mechanica*, 227(4), pp. 1157-1179.

Hibbeler, R. C., 2012. *Análisis Estructural*. Octava ed. México(México): Parson.

Imanzadeh, S. D. A. & M. A., 2015. Settlement Uncertainty Analysis for Continuous Spread Footing on Elastic Soil. *Geotechnical and Geological Engineering*, 33(1), pp. 105-122.

Johnson, C., 2009. *Numerical Solution of Partial Differential Equations by the Finite Element Method*. Primera ed. New York: Dover Publications.

Juárez Badillo, E. & Rico Rodríguez, A., 1998. *Mecánica de suelos. Teoría y Aplicación de la Mecánica de Suelos*. Segunda ed. México D.F.: Limusa.

Leoni, A. J., n.d. *Apunte de Coeficiente de Balasto*, s.l.: s.n.

Luque Chaves, M. A. & Rincón Romero, J. C., 2016. *Incidencia de la rigidez relativa de una zapata en el cálculo de las fuerzas de diseño, implementando el método de Winkler*, s.l.: s.n.

McCormac, J. C. & Brown, R. H., 2016. *Design of reinforced concrete*. 10 ed. Hoboken(New Jersey): Wiley.

Meli, R., 2007. *Diseño Estructural*. México: Limusa.

---

Muzás Labad, E., 2002. La rigidez de las cimentaciones superficiales. *Revista de Obras Públicas*, pp. 27-33.

Muzás Labad, F., 2002. Consideraciones sobre la elección de coeficientes de balasto. *Revista de Obras Públicas, España*, pp. 45-51.

Okereke, M. & Keates, S., 2018. *Finite Element Applications*, Switzerland: Springer.

Olmos Martínez, P. J., 2003. Diseño de Zapatas. In: S. d. P. e. I. Editorial, ed. *Cimentaciones Superficiales: diseño de zapatas*. Valladolid: Universidad de Valladolid, p. 207.

Sánchez Arévalo , N., 2016. Importancia del método de los coeficientes del ACI en el diseño de losas continuas de concreto armado. *Ingenium*, 1(1), pp. 16-25.

Universidad Católica de Valparaíso, n.d. *Grupo de Geotecnia*, s.l.: s.n.